



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
Катедра за наоѓалишта на минерални сировини
Штип

Игор Ивановски

**ЗД МОДЕЛ НА ПОЛИМЕТАЛНОТО НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА-
ЗЛАТИЦА ВО КРАТОВСКО-ЗЛЕТОВСКИОТ РУДЕН РЕОН**

МАГИСТЕРСКИ ТРУД

Штип, 2016

Комисија за оценка и одбрана

Ментор: Виолета Стефанова
Проф. д-р., Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член: Тодор Серафимовски
Проф. д-р., Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член: Горан Тасев
Проф. д-р., Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

БЛАГОДАРНОСТ

Голема благодарност до компанијата Генезис ресурсис интернешнл ДООЕЛ Скопје и нејзиното раководство, Џејмс Патерсон-менаџер за истражување и Гоце Златков-проект менаџер, за вкупната логистичка поддршка при изработката на овој труд.

Благодарност до Проф. д-р Тодор Серафимовски, раководител на Катедрата заа наоѓалишта на минерални суровини, до мојот ментор Проф. д-р Виолета Стефанова и до Проф. д-р Горан Тасев за укажаните совети поуки и сугестии при изработката на овој магистерски труд.

Благодарност и до колегата М-р Митко Лиговски за придонесот во изработката на 3Д моделот, како и до директорот на РИК Силекс, Васил Ристовски за корисните совети.

Благодарност должам и на моето семејство кое преставува столб и основна поддршка за сите мои активности во животот.

ЗД МОДЕЛ НА ПОЛИМЕТАЛНОТО НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА-ЗЛАТИЦА ВО КРАТОВСКО-ЗЛЕТОВСКИОТ РУДЕН РЕОН

Краток извадок

Најновите истражувања на епитермалното наоѓалиште на висока сулфидизација Пластица, дадоа значаен напредок во разбирање на геолошкиот склоп на наоѓалиштето и утврдување на рудното тело. Во овој концесиски простор се извршени значајни геолошки истраги. Во овој труд ние се фокусиравме на обемните геохемиски и геофизички истраги. Заедно со другите геолошки истраги, успешно се имплементираше дупчачка програма која даде пристојни резултати. За овој 3Д модел беа искористени сите 195 дупнатини направени од компанијата Генезис ресурсис интернешнл ДООЕЛ Скопје во периодот од 2011-2013 година. Дупнатините се со вкупна должина од 47295,8 метри од кои 74 од нив се изработени со дијамантско јадрување и вкупна должина од 23908,3 метри, додека останатите 121 се изработени со реверсна циркулација и вкупна должина од 23387,5 метри. Со помош на професионален софтвер ArcGIS се изработени 3Д модели на рудните тела за злато, бакар и молибден со резолуција на блокови од 30 метри, кои дефинираа минерализација на хипсометриско ниво од 1300 до 600 метри. Исто така беше искористена метода на изоповршини со која се интерпретираа 3Д модели со полни тела. Овие модели ќе ни помогнат подобро да го разбереме протегањето на рудната минерализација, да ги дополниме обемните геолошки податоци, како и да користат како контролен модел за веќе изработените модели на ова наоѓалиште.

Клучни зборови: 3Д модел, Пластица, злато, бакар, молибден, епитермално

3D MODEL OF THE POLLYMETALLIC ORE DEPOSIT PLAVICA-ZLATICA AT KRATOVO-ZLETOVO ORE REGION

Abstract

The latest exploration and study of the high sulfidation epithermal deposit Plavica displayed significant progress in understanding the geology and definition of the particular ore body. Significant investigations were made at this concession area. In this article we are focused at the extensive geochemical and geophysical investigations. Together with other methods of geological prospects, we were able to successfully implement the drilling program which gave decent results. For this 3D model all 195 boreholes made by the Genesis Resources International in the period of 2011-2013 were used. The boreholes are with total length of 47295.8m of which 74 boreholes were performed by diamond core method and total length of 23908.3m while the other 121 boreholes were performed by reverse circulation (RC) with total length of 23387.5m. Using professional ArcGIS software were prepared 3D models of the ore body for gold, copper and molybdenum, with block resolution of 30 m, for each element, which have defined mineralization extent from 1300 m to 600 m of the hypsometric level. Also it was used a method of isosurface which helped defining solid 3d modelling of the ore bodies. These models should improve our understanding of the ore mineralization and complement the geological data and serve as control method of other data processing at Plavica ore deposit

Keywords: 3D model, Plavica, gold, copper, molybdenum, epithermal.

СОДРЖИНА

ВОВЕД.....	1
I. ПОЛОЖБА НА ПЛАВИЧКИОТ РУДОНОСЕН СИСТЕМ ВО РАМКИТЕ НА РЕГИОНАЛНИТЕ ЕДИНИЦИ.....	3
I.1. Општи податоци на истражниот простор.....	3
I. 2. Дефинирање на Кратово-Злетовската вулканска област	4
I. 3. Металогенетски карактеристики на истражниот простор.....	5
II. МОДЕЛСКИ И ФАЗЕН ПРИСТАП ВО ИСТРАЖУВАЊЕТО НА ПЛАВИЧКИОТ РУДОНОСЕН СИСТЕМ	8
II. 1. Преглед на применетите методи на истражување	8
II. 2. Морфолошки карактеристики на подрачјето	10
II. 3. Калдерска градба на Плавица	12
II. 4. Епитермално наоѓалиште на висока сулфидизација	15
II. 4. 1 Општи карактеристики	16
II. 4. 2 Епитермално наоѓалиште Плавица	18
II. 4. 3 Порфирска интрузија.....	20
II. 5. Геолошки состав на наоѓалиштето Плавица и изданоци.....	20
II. 6. Алтерации	25
III. ГЕОФИЗИЧКИ ИСТРАЖУВАЊА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ВО ФУНКЦИЈА НА ПОЛОЖБАТА НА ОРУДНУВАЊЕТО.....	32
III. 1 Користени методи	32
III. 2. Користена опрема и резултати	34
III. 3. Коментар	37
IV. ФАЗНИ ГЕОХЕМИСКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО ФУНКЦИЈА НА ДЕФИНИРАЊЕ НА ПОТЕНЦИЈАЛНИТЕ РУДОНОСНИ АПАРАТУРИ	38
IV. 1. Примарни и секундарни ореоли на расејување.....	38
IV. 2. Геохемиска асоцијација на елементите во наоѓалиштето.....	42

V. ПОВОЛНОСТ И КАРАКТЕР НА ГЕОЛОШКАТА СРЕДИНА ЗА ДЕПониРАЊЕ НА ПОЛИМЕТАЛНАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА	43
VI. ГЛАВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОРУДНУВАЊЕТО ВО НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА	45
VI. 1. Морфолошки облик на оруднувањето	45
VI. 2. Минерален состав и парагенетски односи	50
VII. 3Д МОДЕЛ	60
VII. 1. Проблематика при утврдување на методите на истражување	61
VII. 2. Намената на ГИС во изработка на 3Д модел на Пластица.....	62
VII. 3. Основи на ГИС	62
VII. 4. Клучни компоненти на ГИС	64
VII. 5. Одлики на <i>ArcGIS ®Desktop</i>	66
VII. 6. 3Д моделирање.....	69
VIII ЗАКЛУЧОК.....	81
IX. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	83



ВОВЕД

ГИС (географските информации системи) се насекаде. Почнувајќи од нашите паметни телефони, преку нашите таблети, уредите кои користат поддршка за утврдување на локацијата се насекаде. Преку 80 % од податоците што се користат во ова модерно време содржат некој вид на просторна или географска (ГИС) компонента. Уште во 18 век се применети современи геодетски техники за топографско картирање. Развојот на компјутерскиот хардвер, поттикнат од истражување на полето на нуклеарните оружја водел кон примена на компјутерски картирања со општа намена во раните 1960-ти.

Се разбира, развитокот на оваа технологија неизбежно се одразува и на развојот на самата геологија. Во целиот свет работата на сите можни геолошки подрачја е тесно поврзана со користење на одреден ГИС софтвер. Со помош на овие софтверски пакети операциите во геологијата, кои претходно се изработувале со месеци, па и години, сега се можни во рамки на неколку часа или денови. Огромното време потребно за изработка на детални карти, обработка на илјадници податоци и сето тоа да се вклопи во еден систем на знаење денес е сведено на паметно нагудување на целиот тој збир на добиени податоци во ГИС софтвер кој потоа може да ни исфрли најразлични карти, скици, табели, варијации и сето она што модерната геологија денес го бара.

За жал во Македонија ГИС технологијата срамежливо навлегува во геологијата. Така и овој труд е еден пионерски напор во рамките на нашата наука да се покаже еден понов, поразличен начин на изработка на 3Д модел на наоѓалиште. Нешто што во минатото најмногу се потпираше на добрата визуелизација на стручен геолог, а денес е возможно да се изработи со помош на добро одбрани и вкомпонирани параметри потребни за ваков проект.

Можностите откако ќе се испроцесираат и обработат податоците во ГИС програмите се речиси бесконечни. Откако ќе се изработи еден 3Д модел на одредени содржини на метали, потоа многу лесно се добиваат и други параметри, како и на пример и содржините на тие метали, како и рудните и геолошките резерви. Со оглед на тоа дека овој 3Д модел се однесува на наоѓалиште кое во моментот на пишување на овој труд интензивно се

истражува од страна на австралиската компанија Генезис Ресурсис Интернешнл ДООЕЛ Скопје, ќе се обидеме да останеме во рамките на јавно дозволивите податоци.

Бидејќи 3Д моделирањето претставува една круна на обемен процес на геолошки истраги кои претходат на него, овде ќе дадеме и осврт на неколку значајни карактеристики на наоѓалиштето Пластица, како и резултатите од геофизичките и геохемиските истраги добиени со помош на ГИС .

I. ПОЛОЖБА НА ПЛАВИЧКИОТ РУДОНОСЕН СИСТЕМ ВО РАМКИТЕ НА РЕГИОНАЛНИТЕ ЕДИНИЦИ

Епитермалното Cu-Au наоѓалиште на висока сулфидизација Пластица претставува дел од Кратовско-Злетовската вулканска област која се наоѓа во североисточниот дел на Република Македонија.

I.1. Општи податоци на истражниот простор

Географски овој простор го зазема централниот дел од Планината Пластица (1290m) и се наоѓа помеѓу градовите Пробиштип (6km) и Кратово (4km) (сл. 1). Истиот тој простор претставува дел од западниот Тетиски појас. Теренот е изграден претежно од вулканокластични карпи (андезити, дацити, андезитски бречи, игнимбрити, туфови).



Слика 1. Положба на наоѓалиштето Пластица во рамките на Западниот тетиски појас

Figure 1. Position of Plavica deposit within the Western Tethian Belt

I. 2. Дефинирање на Кратово-Злетовската вулканска област

Рудниот реон Кратово-Злетово во чии рамки е лоцирана и Плавица претставува едно од најмаркантните Терциерни вулканогени рудоносни подрачја на територијата на Балканот. Ова вулканско подрачје се карактеризира со интензивно развиен Терциерен магматизам, манифестиран на површина од околу 1200 km² за кого просторно и парагенетски се поврзани бројни наоѓалишта на металични и неметалични сировини.

Богоевски (1964), Кратовско-Злетовската област ја дефинира во рамките на металогенетската провинција на Македоно-родопскиот-малоазискиот централен масив, а Иванов (1965, 1966) ја вбројува во Српско-македонскиот масив. Ристик (1970), Димитријевиќ (1974), Арсовски и Петковски (1975) и др. ја вбројуваат во Вардарската зона, додека Пантик и др. (1966) сметаат дека младите вулканити од оваа област ги одбележуваат трасите на длабинските разломни структури од прв ред кои претставуваат граница помеѓу Динаридите и Интернидите. Грубиќ (1974), Петковиќ и др. (1980), Кратовско-Злетовската област ја вбројуваат во зоната на Нео-Алпската, односно Кенозојската автономна тектонско-магматска активизација која се протега од Алпите до Хималаите. Според Alderton & Serafimovski (2007), оваа област е една од бројните Терциерни вулкански центри кои се протегаат во поширок појас од неколку стотици километри во Србија, Македонија и Грција.

Имајќи ги предвид податоците од досегашните истражувања може да констатираме дека:

Кратовско-Злетовската вулканска област се наоѓа во граничното подрачје помеѓу Вардарската зона и Српско-Македонскиот масив (Серафимовски, 1990). Формирањето е во директна врска со интензивните тектонско-магматски и минерализациони процеси кои во основа го контролираат развојот на Терциерниот магматизам и оруднувањето. Според просторниот распоред, потенцијалноста и разновидноста на оруднувањето, спаѓа во еден од најкрупните и најзначајните рудни реони во зоната Леце-Халкидик. (Серафимовски, 1990; Серафимовски, 1993).

Геологијата во регионот е поврзана со раните фази на Алпската орогенеза, особено со затворање на Тетискиот Океан со субдукција на Африканската под Евроазиската плоча во правец И-СИ (Burchfiel 1980; Ricou et al., 1998).

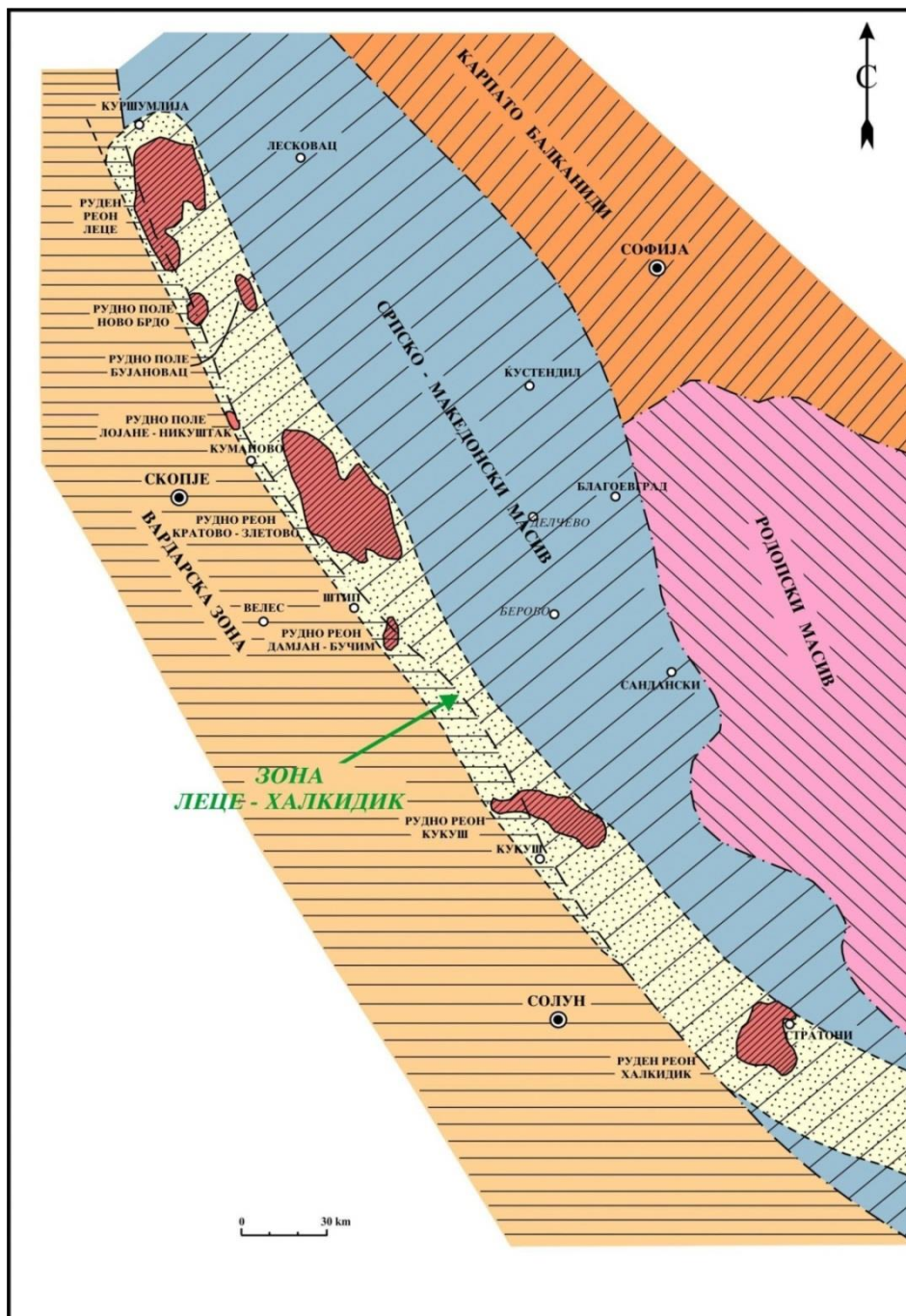
I. 3. Металогенетски карактеристики на истражниот простор

Металогенетските карактеристики на истражниот простор Пластица, односно, на просторот кој му припаѓа на пошироката и потесната околина на наоѓалиштето Пластица се најнепосредно поврзани со истите на познатиот, од металогенетски аспект, руден реон Кратово-Злетово, и ги зазема источно-североисточните делови од Кратовско-злетовската вулканска област и како посебна металогенетска единица, дефинирана врз база на основните критериуми на металогенетската контрола, влегува во составот на металогенетската зона Леце-Халкидики (сл. 2). Со својата комплексна структурно-геолошка и металогенетска градба, овој руден реон претставува еден од позначајните рудоносни локалитети во зоната Леце-Халкидики и има важна улога при дефинирањето на истата (Серафимовски, 1993).

Металогенијата на рудниот реон Кратово-Злетово, аналогно на останатите рудни реони во зоната Леце-Халкидики, е во непосредна врска со еволуцијата на Терциерниот интермедијарен (со варијации од базичен до кисел) калко-алкален магматизам, претставен главно со вулкански (делумно и субвулкански) фации на андезити, дацити, дацито-андезити, кварцлатити, игнимбрити, трахиандезити, трахити, вулкански туфови и бречи. Со овој вулканизам просторно и парагенетски се поврзани значајни наоѓалишта и појави на Pb-Zn, Cu, Au, Ag, U, Ba, самороден сулфур, хидрокварцити, алунити и др., контролирани од разломните структури со правец на протегање СЗ-ЈИ, ССЗ-ЈИ, СИ-ЈЗ и структурите на вулканските апарати.

Оруднувањето во овој руден реон е создавано за време на Младо-Алпската металогенетска епоха (Штаерската фаза), а просторно, генетски и парагенетски е поврзано за разломните структури, структурите на вулканските апарати и Терциерните вулкански формации. Вулканската активност започнала веројатно кон крајот на Еоцен, додека оруднувањето е создавано главно за време на Миоцен во рамките на хидротермалниот стадиум на рудообразование. Создадени се бројни наоѓалишта и појави на Pb-Zn-жичен тип, Cu-жичен тип, Cu, Au-штокверкно-импрегнационен тип, U-жичен тип (здробени зони), како и бројни неметалични минерални сировини од редот на самороден сулфур, хидрокварцити, опалски бречи, алунити, јарозити и др. Ова јасно укажува на фактот дека во рамките на овој руден реон покрај металичните, значајно место

заземаат и неметаличните минерални сировини. Просторниот распоред на неметаличните минерални сировини има важна улога при дефинирањето и ограничувањето на рудниот реон Кратово-Злетово и рудните полиња во рамките на него (Серафимовски и др., 2014).



Слика 2. Регионална геотектонска и металогенетска положба на металогенетската зона Леце-Халкидики (Серафимовски, 1990)

Figure 2. Regional geotectonic and metallogenetic position of the metallogenetic zone Lece-Halkidiki (Serafimovski, 1990)

За да се стекне покомплетен увид во металогенетската градба на овој руден реон, а особено на истражниот простор Плавица, во понатамошниот преглед накусо ќе бидат изнесени основните карактеристики на Злетовското рудно поле на кое металогенетски припаѓа и наоѓалиштето Плавица.

Злетовското рудно поле ги зазема централните делови од рудниот реон Кратово-Злетово и според обемот, разновидноста и просторниот распоред на рудната минерализација, претставува најголемо и најзначајно рудно поле во рамките на овој руден реон. Ендогената рудна минерализација е локализирана, главно, во рамките на игнимбритскиот комплекс од дацитски состав и Миоценската вулканогено-седиментна серија (испробиена со дајкови и некови на дацито-андезити), просторно поврзана за разломните структури и структурите на вулканските апарати.

Непосредната врска со структурите на вулканските апарати (вулканските калдери), во прв ред Плавичката, Црновршката и Буковачката, покажуваат штокверкно-импрегнационите бакарни оруднувања и неметаличните сировини (хидрокварцити, алунити, јарозити и др.), додека за разломните структури со правец на протегање СЗ-ЈИ и СИ-ЈЗ се поврзани претежно Pb-Zn, U и Cu-жични оруднувања (Серафимовски и др., 2014).

Треба да се истакне дека рудната минерализација во рамките на ова рудно поле покажува одредена просторна закономерност. Во централните делови доминира штокверкно-импрегнационата бакарна и жична Pb-Zn минерализација, додека во ободните делови, односно кон исток просторно е распоредена уранската минерализација, а на запад превладуваат неметаличните минерални сировини, како продукти на завршната фаза на хидротермалната активност. Спрема југоисток злетовските рудни жици постепено исклинуваат, поминувајќи претежно во баритско-сидеритски партии.

II. МОДЕЛСКИ И ФАЗЕН ПРИСТАП ВО ИСТРАЖУВАЊЕТО НА ПЛАВИЧКИОТ РУДОНОСЕН СИСТЕМ

Истражувањата на плавичкиот рудоносен систем отсекогаш биле од фазен карактер.

II. 1. Преглед на применетите методи на истражување

Во локалноста Плавица користени се стандардни геолошки методи за истражување на наоѓалишта на минерални сировини на рудни тела со карактеристични површински манифестации (изданоци и типични алтерации). Како прво спроведени се проспекциски истражувања со пребарување на изданоците. Потоа е пристапено кон геохемиски проучувања на теренот (регионални и детални).

Првичните геолошки истражувања кои биле изведени во периодот од 1934 до 1936 година кога централниот дел на Плавица е истражуван со рударски работи од страна на англиската компанија „*Selection Trust Limited*“ кога биле направени околу 2500 m истражни ходници и околу 300 m истражни ускопи. После Втората светска војна, во рудникот Злетово во два наврати се вршеле истражувања за бакарни оруднувања (1945-1952 и 1961-1962 год.), со рударски работи (447 m) и кратки истражни дупкотини. По тој период се направени и првите полурегионални геохемиски испитувања по примарни ореоли на расејување на бакар, молибден, олово, сребро и антимон каде се земени примероци од различни типови на карпи чии проби биле со големина од 0.5 до 2 kg. Геохемиските проби биле земани по мрежа 100 x 100 m и биле земени вкупно 488 проби.

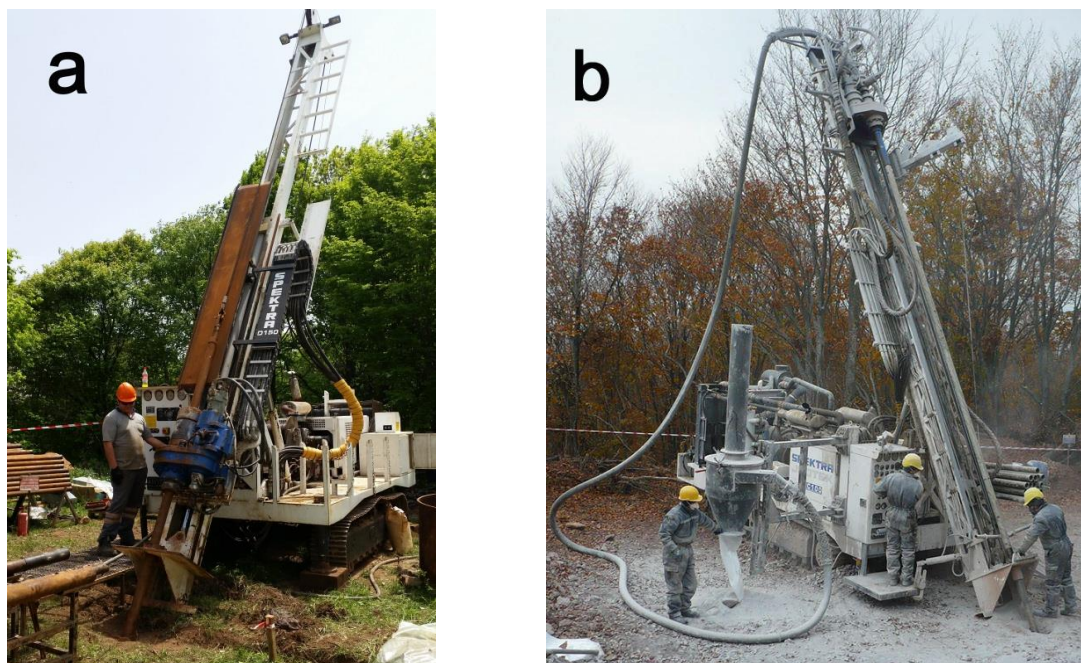
Значителен обем на литогеохемиско опробување (проби од карпи) од изданоци на карпите е извршен за време на проспекцијата и геолошкото картирање од страна на компанијата Рио Тинто во 1998 година (*Fish, 1998*).

Не изостанале и геофизичките проучувања од редот на геомагнетизам, гравиметрија и геоелектрика (отпорност на средината). Иницијалните геомагнетни, гравиметриски и геоелектрични (индуцирана поларизација) мерења биле спроведени од страна на „Геозавод“ Белград во 1977 и од „Геолошки Завод“ Скопје во периодот 1977-1980.

Компанијата Рио Тинто во 1998, врз основа на претходно споменатите геофизички истражувања, извела нови дополнителни аеро, геомагнетни и радиометриски истражувања.

Од страна на Геолошки завод во периодот од 1977-1986 година биле извршени длабински дупчења (95 дупчотини во вкупна должина од 32254 m). Сите дупнатини биле со дијамантска круна и сите биле вертикални, работени по квадратна истражна мрежа со растојание од 100 x 100 m во најдеталниот западен дел, односно 200 x 200 m во источниот дел на наоѓалиштето.

Наредните истражни дупчења биле изведени од страна на интернационалната компанија Рио Тинто во 1998 година. Тие изработиле 4 коси дупнатини со различни азимут и агол на дупчење и вкупна должина од 1028,3 метри. Следните дупнатини се изработени од страна на компанијата Јуропиан Минералс (*European Minerals*) во 2002 година. Изработени се 5 дупнатини со различен азимут и агол на дупчење и вкупна должина од 903 метри.



Слика 3. Дупчачки машини: а) дијамантска круна б) реверсна циркулација

Figure 3. Drill rigs: a) diamond b) RC

Од 2011 година на Пластица обемни дупчачки истраги врши австралиската компанија Генезис ресурсис интернешнл ДООЕЛ Скопје која изработува дупнатини со дијамантска круна (сл. 3а) и со реверсна циркулација (РЦ) (сл. 3б) со различни азимут и агол на дупчење. Во 2011 година изработени се 13

дупнатини со вкупна должина од 2840,8 метри. Во 2012 година се изработени 26 дупнатини со вкупна должина од 5633,75 метри од кои 3 се со јадро и вкупна должина од 936,75 метри, а 23 се РЦ и вкупна длабочина од 4697 метри. Во 2013 година се изработени 152 дупнатини со вкупна длабочина од 37324,6 метри од кои 49 со јадро и обем од 17917,9 метри и РЦ 103 со обем од 19406,7 метри.

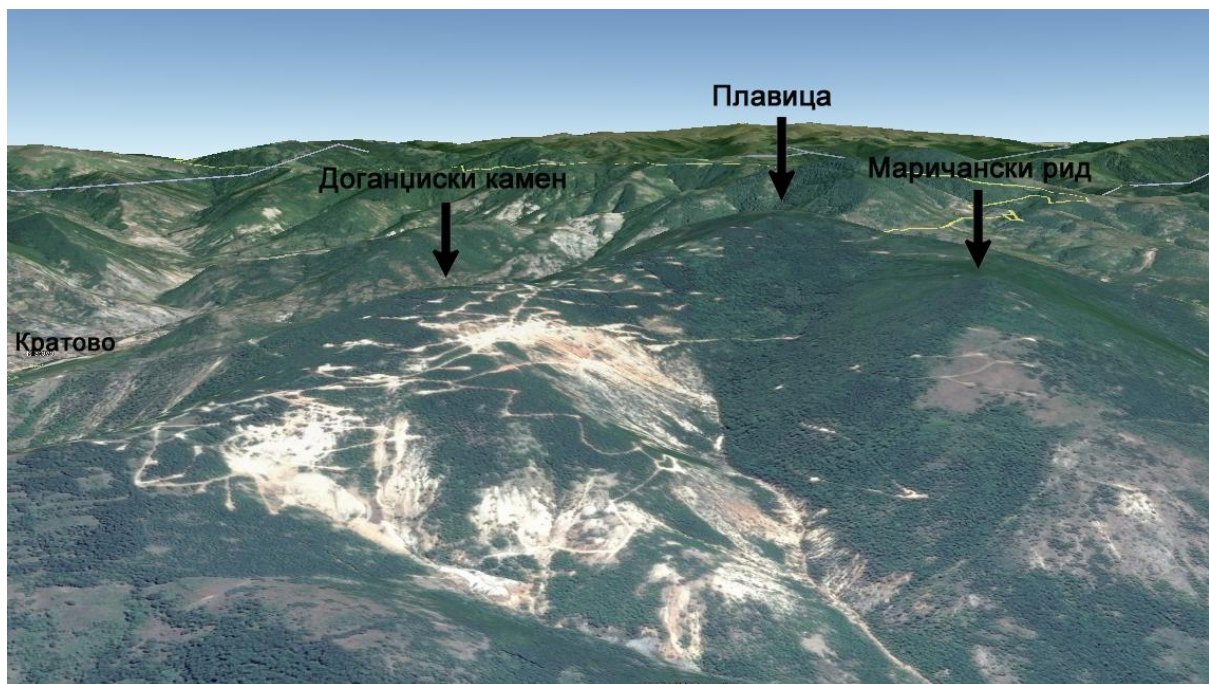
II. 2. Морфолошки карактеристики на подрачјето

Најважните геоморфолошки карактеристики на територијата на истражниот простор, ги даде флувијалните и падинските, а помалку значајни биле антропогените процеси. Можат да се издвојат повеќе типови на релјеф според доминантните геоморфолошки процеси кои имале влијание на геоморфолошкото обликување на теренот и тоа: флувијален релјеф; падински релјеф и антропоген релјеф. Во поширока околина на истражниот простор, по речните токови нема услови за создавање на пространи површини на флувијален релјеф, пространи алувијални зарамнувања. Ова се должи на фактот што скоро сите поголеми реки се ридско-планински.

Теренот претежно е изграден од вулканокластични карпи (андезити, дацити, андезитски бречи, игнимбрита, туфови). Под површинската растресита покривка, со моќност помеѓу 0,2 и 0,5 m (во најголем дел со ерозивните процеси е однесена) е застапен слој на туфови од помлада вулканска фаза. Тие лежат над Горно-Еоценскиот флиш и Миоценските седименти, или преку игнимбрита од дацитски состав. Доста се трошни и се подложни на распаѓање и испирање. (Серафимовски и др., 2014)

Во геоморфолошка смисла, најмаркантна точка на истражниот простор претставува планината Плавица која всушност е едно куполесто возвишение чии рабни делови рамномерно се спуштаат особено кон север и југ. Западните и источните падини претставуваат планински била кои ја „поврзуваат“ Плавица со Црн Врв на запад, односно, со Буковец на исток. Овој правец (Црн Врв-Плавица-Буковец) претставува и вододелница помеѓу два слива, Крива Река на север и Брегалница на југ. Југозападните падини на Плавица значително се разорени со ерозија (во пределот на Златица). Апсолутните висини се движат од 600 до 1300 m.

Врз развојот на релјефот најмногу влијаеле орогените движења за време на Алписката орогенеза, која започнала при крајот на Палеогенот. Во тоа време се дадени основните црти на релјефот изградени со тектонски процеси. Мора да се укаже на фактот дека старите тектонски движења влијаеле врз современиот релјеф преку различни структури, преку положбата на карпите, кои ја насочиле денешната ерозија и создавањето на релјефот. Подоцна помладите тектонски движења во текот на делувииумот условиле густа мрежа на раседни линии. Сепак главните морфолошки карактеристики на Пластица и нејзината непосредна околина се условени од вулканската активност на овој простор што и во денешни услови, остатоците од вулканските дајкови, некови, секундарни вулкански центри и секако делумно деградидараната вулканска калдера на Пластица го прават главното геоморфолошко обележје (сл 4).



Слика 4. Геоморфолошки обележја на наоѓалиштето Пластица

Figure 4. Geomorphological features of Plavica deposit

Антропогениот релјеф најкарактеристично се манифестира во деловите од теренот каде што има рударски активности-површински копови, позајмишта на градежни материјали, каменоломи и др.

Теренот во околината на Пластица го зафаќа истоимениот планински врв со надморска височина од 1297, за потоа постепено да се спушта кон северозапад преку Голак кон Шлегово. Падините на оголените врвови се релативно стрмни

(околу 17°), а потоците длабоко ги усекуваат своите корита во релјефот. Во западниот дел теренот релативно поблаго се спушта кон Гризиловци, и е обраснат со вегетација. Јужниот дел од теренот е со поостар релјеф, кон Маричино (околу 23°).

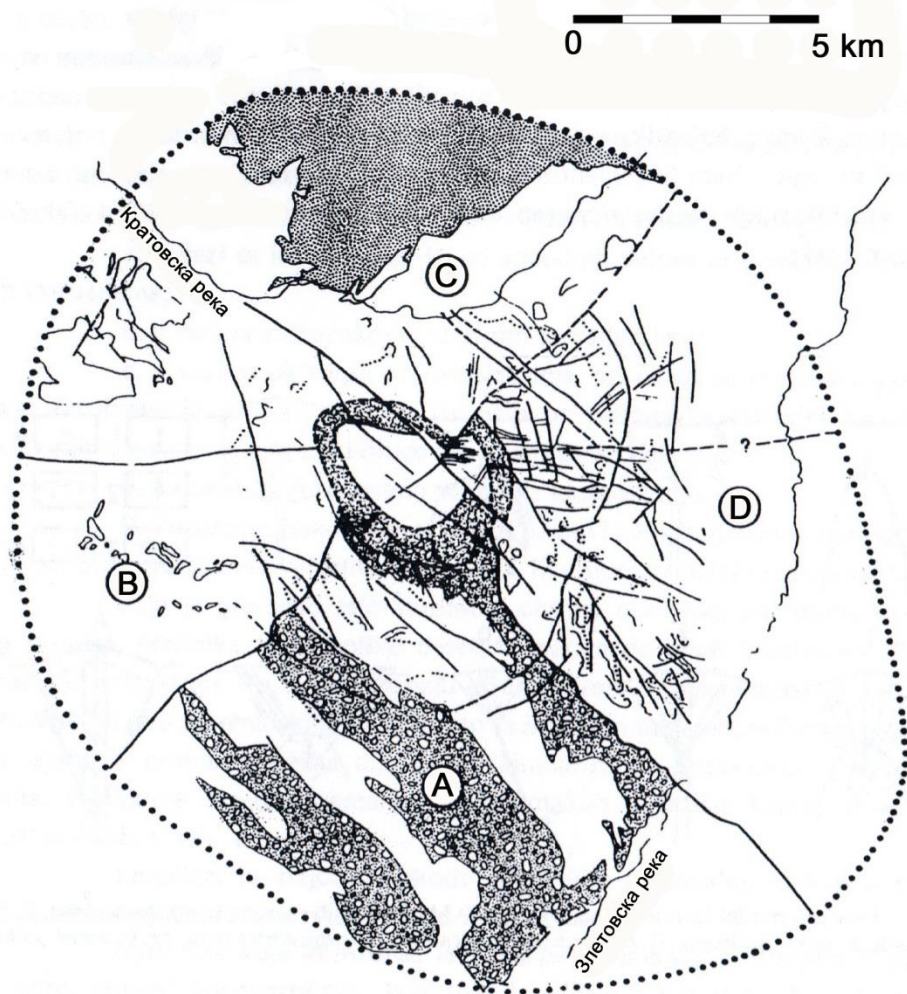
II. 3. Калдерска градба на Плавица

Калдерската градба на Плавица е опишана во многу документи и трудови кои се изработени од страна на врвни геолози во поранешна Југославија.

Стојанов (1980) Плавица ја опишува како слабо еродиран стратовулкан каде вулканските карпи се хидротермално изменети. Иванов и Денковски (1978) утврдиле концентрични прстенести структури чиј внатрешен прстен е претставен со монокварцити, околу кои се наоѓа широка зона на пиропилит. Во надворешниот прстен се споменуваат серицитизација, Ca-Mg метасоматоза, карбонитизација, аргилизација и др. Крајниот надворешен прстен е претставен со пропилитизација.

Петковиќ (1977) по теренските, фотоголошките и сателитските обработки констатира дека вулканскиот центар Плавица егзистирал во релативно долг временски период како единствен вулкански апарат. Тој со тек на време се проширил и прераснал во калдера со пречник од околу 15 km. Подлогата на калдерата ја сочинуваат вулканогено-седиментни карпи настанати за време на Олиго-Миоценскиот вулканизам (околу 25 милиони години). Со престанокот на вулканската активност, започнало формирање на руптурни структури од кои најстариот систем има протегање И-З. СЗ-ЈИ се помладите структури.

Петковиќ (1977; 1982) тврди дека прстенестите структури на рудното поле Злетово настанале како последица од издигање на купола во случај каде магматските процеси се пресудни во формирањето на структурите (сл. 5). Притоа била констатирана „крупна“ прстенеста структура која ја зафаќа пошироката околина на Плавица настаната како последица на потисокот од магматско огниште и формирање на свод со пречник од околу 20km. Прстенестите структури можат да се поделат на четири сегменти (А, В, С, D), врз основа на геолошко-тектонската градба и анализата на хидрографската мрежа.



.Слика 5. Прстенеста структура на рудното поле Злетово, настаната како последица на издигнувањето на купола. (Петковиќ, 1977)

Figure 5. Ring structure of the ore field Zletovo, resulting from the rise of the dome. (Petkovik, 1977)

Сегментот А е перспективен за пронаоѓање на нови наоѓалишта на минерални сировини бидејќи ерозионото ниво на овој дел е најниско. Сепак во овој центар не се забележани вулкански центри.

Сегментот В е изграден од хорнбленда-аугит-биотитски андезити и пирокластити, а се карактеризира особено по појавата на хидрокварцитите. Врз основа на тоа може да се забележи дека ерозионото ниво е релативно плитко, па според тоа и перспективноста за пронаоѓање на нова Cu, евентуално Pb-Zn минерализација е поголема.

Сегментот С се карактеризира со релативно издигнување и длабоко ерозионо засечување. Затоа во него не може да се очекуваат значајни резултати.

Во сегментот D јасно е изразена зоналноста на бакар, олово-цинк и барит која продолжува од централната зона. Врз основа на тоа може да се заклучи дека овој сегмент не е поместен во однос на централниот прстен.

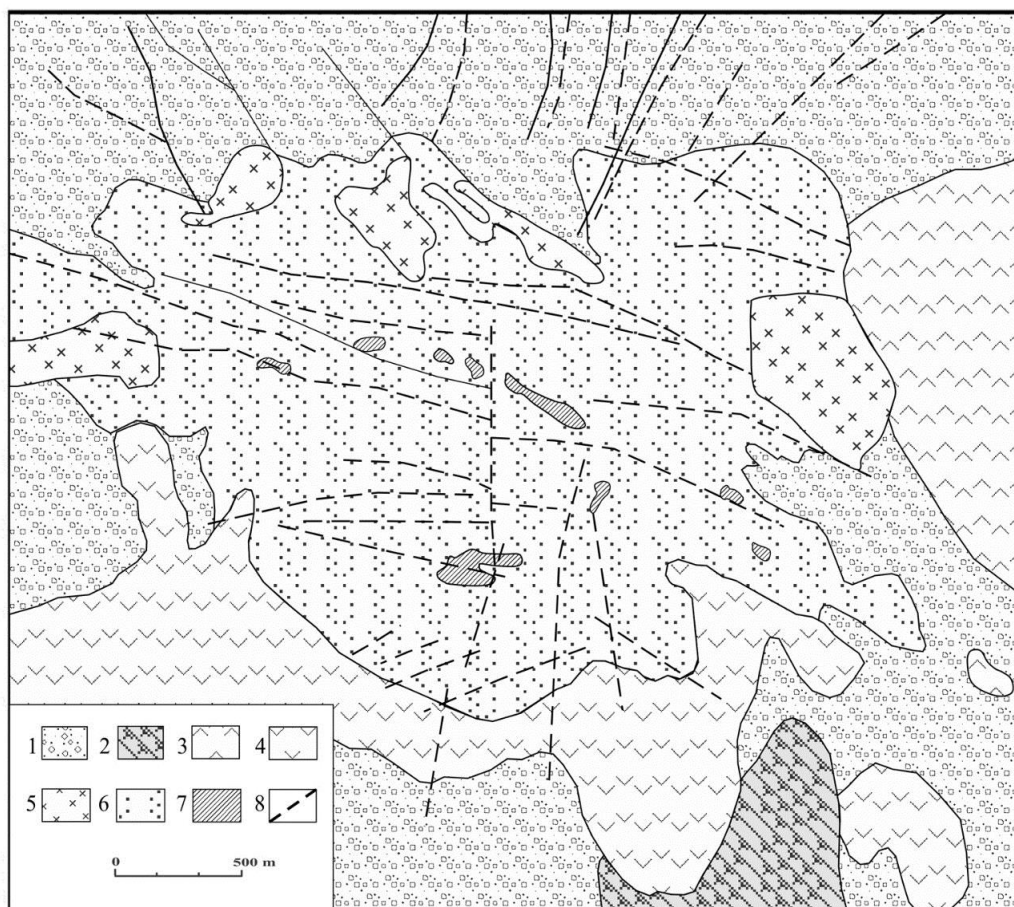
Генералниот заклучок е дека сегментот А е најмалку зафатен со ерозија, така што во него може да се очекува пронаоѓање на Pb-Zn и Ba минерализација, но на поголеми длабочини (Петковиќ, 1977; 1982). Сегментот В е најперспективен за пронаоѓање на Cu, евентуално Pb-Zn минерализација. Сегментот С е најмалку перспективен, додека сегментот D до тој момент бил само предмет на истражување и експлоатација од страна на рудникот Добрево.

Морфоструктурните карактеристики на поширокото подрачје на Пластица подетално се проучени од страна на Серафимовски (1990), каде експлицитно се наведува комплексната Плавичка вулканска структура во која јасно се истакнува нејзината калдерска градба. Таа вулканска структура на Пластица зафаќа површина од околу 20 km² и се карактеризира со присуство на бројни концентрично лачни форми, на чии траси се наоѓаат пробои и изливи на дацито-андезити, продукти на лачно распоредени некови и паразитски вулкански центри (сл. 6).

Во рамките на Плавичката прстенеста структура релативно добро е сочуван и главниот вулкански центар, околу кој јасно се истакнува внатрешниот прстен на калдерата на Пластица. Овој прстен е прилично деформиран од северозападната страна и еден дел од источната, претежно долж раседните структури со најразлична ориентација. Разломните структури имаат радијален распоред, а во средишните делови на вулканскиот апарат доаѓа до вкрстување на посочените три различни раседни системи. Ова веројатно имал свој придонес првобитната многу јасна геоморфолошка градба на плавичката калдера во голема мерка да биде деформирана, раздробена и деградирана.

Перцивал (1992) исто така претпоставува дека е можно постоење на калдера. Базалните токови и туфовите се прекриени со глацијален материјал кој содржи услоени туфови и вулканогени седименти и интрузивен хипоабисален латитски порфир, што укажува на постоење на калдера.

Кратерско езеро би ги објаснило услоените туфови во глацијален материјал како резултат на свлекување на стрмните ѕидови на калдерата.



Слика 6. Структурно-геолошка шема на наоѓалиштето Плавица (Серафимовски, 1990) 1. Вулкански туфови и бречи, 2. Стратификувани туфови, 3. Дацито-андезити, 4. Андезити, 5. Кварцлатити, 6. Хидротермално изменети и оруднети вулканити, 7. Хидрокварцити, 8. Разломни структури

Figure 6. Structural-geological scheme of the site Plavica (Serafimovski, 1990) 1. Volcanic tuffs, 2. Stratified tuffs, 3. Dacite-andesites, 4. Andesites, 5. Quartz-lathes, 6. Hydrothermally altered and mineralized volcanites, 7. Hydro-quartzites, 8. Fault structures

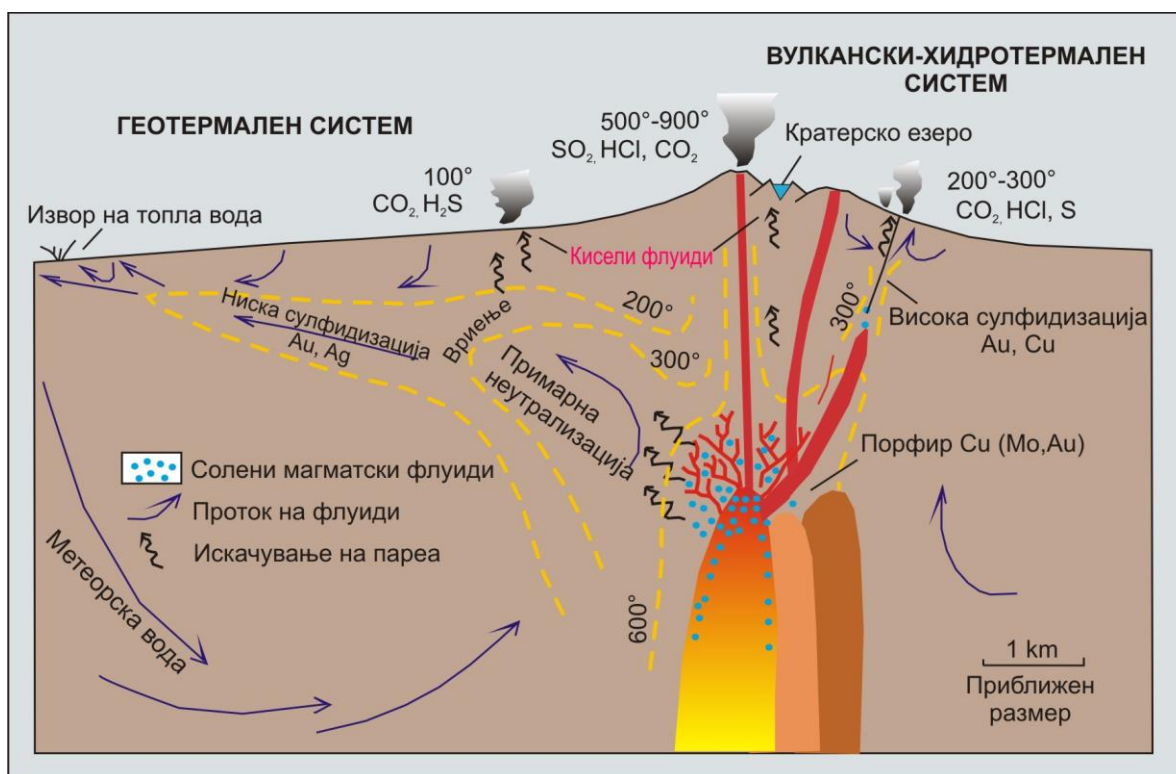
II. 4. Епитермално наоѓалиште на висока сулфидизација

Според најновите истражувања на Плавица, особено од страна на странските компании Насау (Nassau 1989-1992), Рио Тинто (Rio Tinto 1998-2000), Јуропијан Минералс (European Minerals 2002), Генезис (Genesis Resources International 2011-2015), Плавица се карактеризира како епитермално Cu-Au наоѓалиште на висока сулфидизација.

II. 4. 1 Општи карактеристики

Асоцијацијата на златоносната минерализација со вулканските и геотермалните активности одамна им е позната на геолозите. Оваа асоцијација настанува како последица од жешката магма која предизвикува не само вулкански ерупции, туку е и извор на жешки флуиди кои го транспортираат златото и другите метали.

Со оглед на тоа дека златото се депонира на длабочини блиски до површината на Земјата, големиот американски геолог Валдемар Линдгрен (*Waldemar Lindgren*) во 1933 година ја составил кованицата епитермален од ери=плиток и thermal=топлински која се однесува на загреаните флуиди. Хемичарот Вернер Гигенбах (*Werner Giggenbach*) понатаму ги поделил златните наоѓалишта на епитермални наоѓалишта на висока сулфидизација и епитермални наоѓалишта на ниска сулфидизација (сл. 7).



Слика 7. Шематски пристап на вулкански систем со формирање на епитермални наоѓалишта на ниска и висока сулфидизација (White and Hedenquist, 1990)

Figure 7. Scheme of volcanic system with formation of epithermal deposits of low and high sulfidation (White and Hedenquist, 1990)

Поимите ниска и висока не се однесуваат на содржината на сулфидните метали туку се однесуваат на разликите засновани на различните односи на сулфур спрема метали во сулфидните минерали кај секој подвид.

Епитермалните наоѓалишта на висока сулфидизација резултираат од флуидите (најчесто гасови како што се SO_2 , HF, HCl) кои се канализираат директно од жешката магла. (*White and Hedenquist, 1990*). Овие флуиди се мешаат со површинските води формирајќи силни киселини ($\text{pH} < 2$) (*Arribas, 1995*). Овие киселини ги разоруваат и раствораат околните карпи оставајќи само силициум зад нив, често во сунѓеровидна форма позната како шупликов силициум (*vuggy silica*). Понекогаш шупликовитиот силициум може да се создаде ако киселите флуиди најдат на голема пермеабилна геолошка единица, или на тек на ладни подземни води.

Киселите флуиди прогресивно се неутрализираат низ карпите како што се оддалечуваат од раседот, односно структурата низ која се движат. Овие карпи се изменуваат (претрпуваат алтерации) од страна на флуидите во прогресивно неутрални-стабилни минерали како што се оддалечуваат од раседот. Како резултат на тоа, зоните на формирање на алтерациите обично имаат школкасти форми околу раседната зона.

Вообичаено шемата на простирање е дека шупликовитиот силициум се наоѓа во центарот на системот, околу кој се наоѓаат кварц-алунит до каолинит-дикит, карпи богати со илит, до карпи богати со хлорит на самите краеве на алтерациите. Глината која се формира и сулфатните алтерации во овие системи може да зафатат огромни пространства, некогаш и до 100km^2 . (*White and Hedenquist, 1990*)

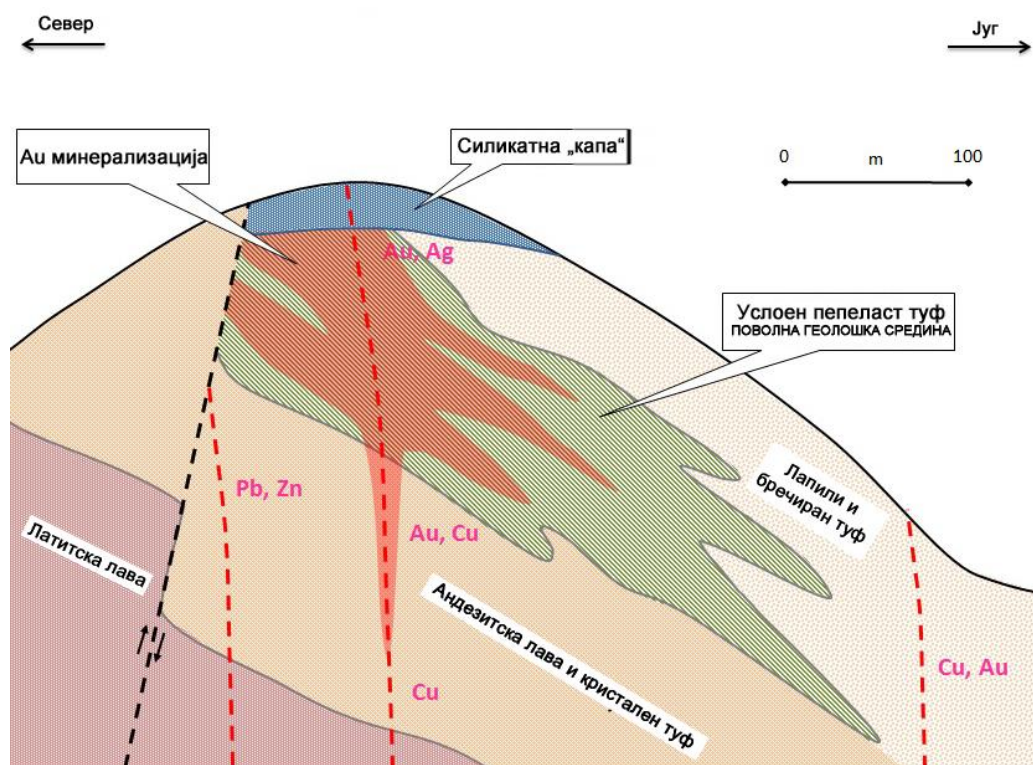
Епитермални наоѓалишта на висока сулфидизација се вообичаено со старост помала од 25 Ма, но можат да бидат и постари. Се појавуваат на длабочини не поголеми од 2 km. Укажуваат на висока развиеност на раседи и пукнатини во системот. Салинитетот е низок до среден. Нивото на ерозија е битен фактор во зачувувањето на главните карактеристики на овие наоѓалишта, така да е поверојатно помладите наоѓалишта да се подобро зачувани. Наоѓалишта кои се во производство денес се: Јанакоча-Перу, Пиерина-Перу, Ел Саузал-Мексико, Мулатос-Мексико и др.

II. 4. 2 Епитермално наоѓалиште Пластица

Наоѓалиштето Пластица содржи многу од карактеристиките својствени за епитермално наоѓалиште на висока сулфидизација. (Alderton & Serafimovski, 2007). Во оваа категорија спаѓаат „класични“ наоѓалишта како што се Родаквилар (Шпанија), Самитвил (Колорадо), Лепанто (Филипини), Јулкани (Перу), Голдфилд (Невада), Ел Индио (Чиле), Нансатцу (Јапонија). Заедничките особини ги вклучуваат шупликавиот силициум, напредната аргилитска алтерација, самородното злато во асоцијација со пирит и сулфиди и сулфосоли. На Пластица, високите содржини на злато се поврзани со силикатните тела, нешто што е карактеристика и за наоѓалиштето Самитвил (Alderton & Serafimovski, 2007). Напредната аргилитска алтерација исто така укажува на флуиди со многу ниска рН и интензивно лужење. Серицитизацијата е присутна на Пластица, но одделна од напредната аргилитска алтерација, најчесто во ободните делови околу силикатните тела, а многу слично како и на некои други места во Светот (Нанстасу, Самитвил, Голдфилд) (Hemley, J.J and others, 1969). На Пластица, присуството на напредна аргилитска алтерација и масивни силикатни тела опкружени со зона на серицитизација укажуваат на слична генеза со наоѓалиштето Родаквилар каде хидротермалните флуиди постепено се оладувале и станувале по кисели при нивното издигнување во погорните слоеви. Овој тип наоѓалишта често се наоѓаат врз некои порфири (Лепанто), па така не е случајност ако флуидите во тие системи се солени или богати со CO_2 . Иако на Балканот има претежно системи на ниска сулфидизација, можеме да ги издвоиме следните епитермални наоѓалишта на висока сулфидизација: Лахока (Унгарија, еоцен), Бор (Србија, Креда) (Herrington and others, 2003), Челопек/Радка (Бугарија, Креда) (Moritz and others, 2004), Сапес и Перама хил (Грција, Олигоцен-Ран Миоцен) (Marchev and others, 2005). Овие наоѓалишта се блиску поврзани со порфирски наоѓалишта на бакар. Има причини да се верува дека под наоѓалиштето се наоѓа субвулканска интрузија. Сегашните модели (сл. 8) претпоставуваат дека при ладење и кристализација, магматските интрузии може да издвојат магматски флуиди кои се движат нагоре низ фрактурите и структурите и кондензираат во површинската вода за да станат кисели флуиди заради магматските волатили

(SO₂). Алтерациите и лужењето на карпите би биле раширени. Зголемувањето на киселоста би водело до таложење на златото додека вриењето и губитокот на CO₂ би довело до зголемена pH и одлагање на бакарот. Мешањето на метеорските флуиди во погорните делови на системот е распространето.

Иако на Плавица е извршена обемна програма на дупчење, до моментот на пишување на овој материјал, не е утврдена порфирска минерализација.



Слика 8. Модел на наоѓалиштето Плавица, Стевановиќ, 2013

Figure 8. Model of the Plavica deposit, Stevanovic, 2013

За Плавица може да се каже дека ги има карактеристиките на хидротермален систем и минерализациони карактеристики на металично наоѓалиште на кисели сулфати (Berger, 1986, Berger & Henley, 1989). Киселите сулфидни наоѓалишта се карактеризираат со висока содржина на сулфур, напредна аргилитска алтерација, силификација и силна геохемика асоцијација меѓу Au-As-Cu и периферната Pb-Zn минерализација.

Плавица исто така дава карактеристики на систем поврзан со порфирска минерализација. Енаргит+пирит+маркасит асоцијациите се појавуваат на повисоките делови на порфирскиот бакарен систем во Лапанта, Филипините и Бор, Србија, и Рек, Унгарија (Sillitoe, 1983). На Плавица се појавува слична

комбинација заедно со хидротермално изменетиот свлечен материјал, сугерирајќи постоење на порфирска бакарна минерализација во длабочина.

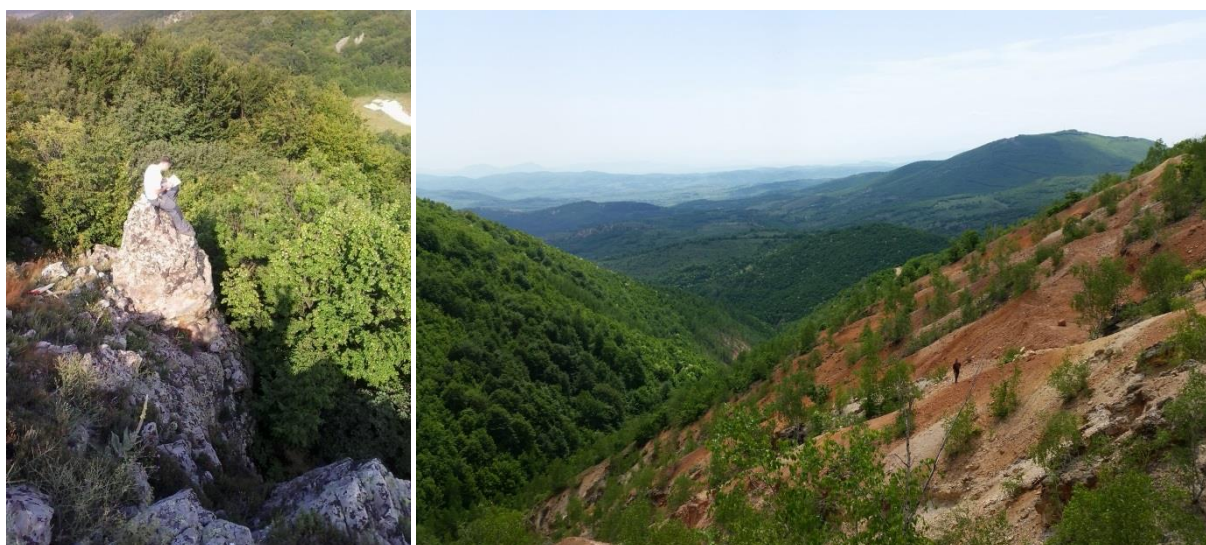
II. 4. 3 Порфирска интрузија

Претпоставената порфирската интрузија, која најверојатно била носител на најголемиот дел од рудниот материјал би можела да е во корелација со моделот на Ритуба и Кокс (*Rytuba and Cox, 1991*). Според овој модел златоносната порфирска минерализација се наоѓа во центарот на кратерот, каде покасната златоносна минерализација е интродуцирана. Неколку слични такви златоносни појаси се документирани во Марикунга појасот во Северно Чиле (*Rytuba and Cox, 1991; Vila and Sillitoe, 1991*). Карактеристиките востановени таму се: силифицирани и напредно аргилитизирани силикатни капи, средна аргилитска алтерација, појава на штокверк, фелзичен (фелдспат + кварц) до интермедијарен состав, Au-As-Cu асоцијација, слични минерални асоцијации и новна поврзаност со хидротермални алтерации карактеристични за вулканити со епитермална минерализација на висока и кисела сулфидизација. Може да се каже дека кај Плавица постои јасна зоналност на минерализацијата од порфирски вид во центарот до епитермален систем на висока сулфидизација кон периферијата. Калијската алтерација (K, Rb) на Плавица е исто така во блиска просторна асоцијација со порфирски вид на минерализација (Au, Cu, Mo).

II. 5. Геолошки состав на наоѓалиштето Плавица и изданоци

Геолошко картирање е вршено уште во рамките на поранешна Југославија како и од странските компании во периодот од 1990-2015. Сепак недостигот од изданоци на целото подрачје на Плавица и силната алтерација на одредени места оневозможува темелна геолошка интерпретација.

Важен дел од Плавица претставуваат силифициваните гребени на шупликов силициум, кои дополнително го одредуваат овој систем на епитермално орудување (сл. 9а). Тие имаат латерално протегање, во форма на леќи долги од 100-600 m и длабоки до 150 m. Имаат облик на инка и се стеснуваат кон длабочина. Нивните корени се протегаат до 400 m кон длабочина. Постојат три главни силно силифицивани зони на Плавица. Тоа се Доганџиски Камен (сл. 9а), Плавица и Маричански Рид. (сл. 4).



Слика 9 а) Доганџиски Камен и б) Бели Брег

Figure 9 a) Dogandziski Kamen and b) Beli Breg

. Силикатните „капи“ на Пластица најверојатно го претставуваат нивото на палео-регионална подземна вода (Cuthbertson, 1998). Според нивниот силикатен состав теренот има претрпено ерозија и преку топографска инверзија се формирани истакнати топографски обележја. Присуството на ерозионите процеси е илустрирано во околниот регион со големо присуство на смолкнати блокови, смолкнувања и пролизгувања на површинскиот материјал. Оваа ерозија изгледа дека се појавила долж стрмните контакти помеѓу индивидуалните суб-воздушни вулкански токови-бомби и регионите со суб-воден вулкански детритус односно нанос. Овој контакт често укажува на присуство на кварц-серицитска алтерација која придонесува до губење на цврстината на карпите, а со тоа и еродирање на теренот. Одејќи јужно кон Пробиштип, секундарните и терцијарните смолкнувања на теренот се поприсутни како и многу брзо намалување на вулканскиот покривач и формирање на алувијални прослојци и речни и дренажни системи. Многу јасно се воочливи неколку речни тераси, како и одреден број на „острови“ на помалку еродирани порции на вулкански материјал кои се карактеризираат со различно присуство на хематит/лимонит. Во близината на Пробиштип, палео-речните системи постепено се предепонирани со видливо присуство на тенко-ламинирани преработени вулкански наноси. Во геологијата на Пластица доминираат најверојатно две ерозиони остаточни суб-водени единици на масивни текови кои делумно биле преработени во погорните слоеви на

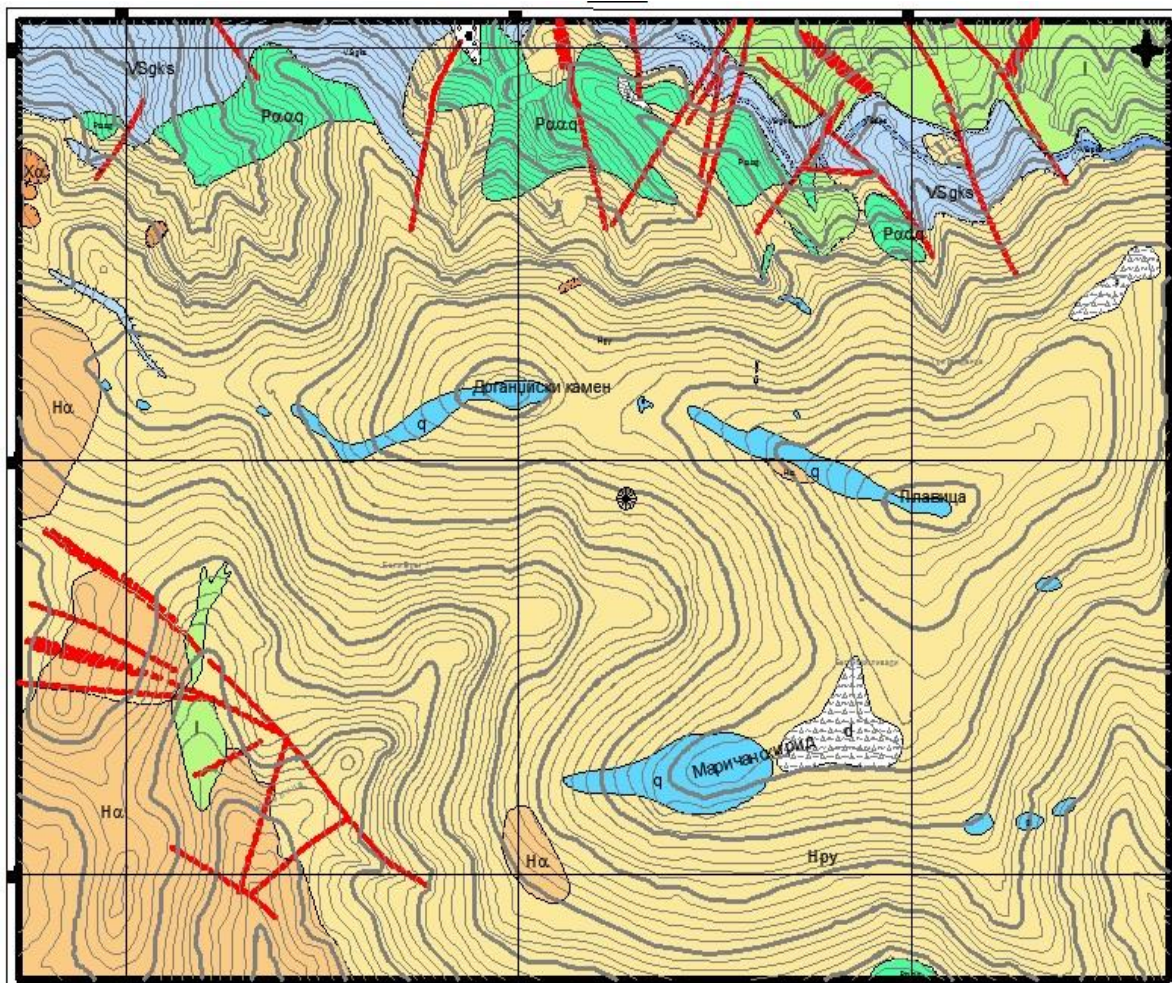
секвенците во средина на тивка водена средина и заштитени од ерозијата од погорните силикатни капи. Овие единици лежат над регионално широкиот суб-воздушен вулкански тек (материјал донесен по воздушен пат) и е разделен од одреден број на сплескани единици донесени по воздушен пат, богати со кристали кои најверојатно не се преработени во субводена средина (Cuthbertson, 1998). Овие вулкански единици имаат пад кон ЈИ. Минерализацијата е контролирана од серија на СЗ-ЈИ, И-З и СИ структури низ кои рудната минерализација навлегла. Порозноста и пермеабилноста на околните карпи го диктирала степенот до кој минерализацијата навлегла во околната средина. Вулканските изливи и кристалните единици депонирани по воздушен пат не изгледаат особено порозни и затоа минерализацијата во овие делови изгледа потесно е контролирана само од густината на пукнатините низ минерализираните токови. Рудната минерализација е депонирана во оние делови кои се попорозни, односно материјалот настанат со депонирање во водена средина – услоениот пепеласт туф. Особено е забележливо широкото присуство на пирит во карпите, како и кварц-серицитската алтерација. Во североисточните делови е забележителна пост рудна минерализирана бреча.

Во геолошката градба на потесната околина на наоѓалиштето Пластица-Златица учествуваат претежно вулкански и вулканогено-седиментни стени чија поблиска одредба е доста отежната (особено во централните делови на наоѓалиштето), поради интензивното присуство на хидротермалните алтерации. Сепак, со многубројните литостратиграфски и петролошки испитувања е констатирано дека во геолошката градба на ова наоѓалиште учествуваат игнимбрите, стратификуваните вулкански туфови и бречи, дацито-андезитите и нивните пирокластички и кварцлатитите кои најчесто се појавуваат во вид на пробои (Серафимовски и др., 2014) (сл. 10).

Игнимбри од дацитско-андезитски состав (I). Се јавуваат во вид на многу пространи изливни плочи. Најчесто имаат сиво-зеленкаста до црвеникава боја. Имаат доста променлив состав и на кратки растојанија (од андезитите преку дацити до кварц-латити). Поради нивниот општ структурен склоп, а и поради честите уклопи од постарите карпи некои автори ги нарекуваат игнимбри. Истите делумно се пропилитизирани и хидротермално изменети, а особено кога тектонски се издробени.

Вулканогено-седиментни карпи (стратификувани туфови-VSsks)

Нивното присуство укажува на тоа дека некои од многубројните вулкански фази се одвивале во субмарински или сублакустриски услови. Имаат добро изразена слоевитост и брзо менување на различни видови на туфоген и териген материјал (туфогени песочници, конгломерати, парчиња на различни вулкани, туфогени глинци, песочници и сл.). Во нив е можно да се издвојат фино и грубо кластични вариетети. Делумно се хидротермално изменети посебно долж пукнатините.



Слика 10 Геолошка карта на потесно подрачје на Плавица (Геолошка карта од Геолошки завод - Скопје. Доработено од Игор Ивановски

Figure 10. Geological map of Plavica (from Geological survey-Skopje, digitized by I Ivanovski.

Пропилитизирани дацит-андезити (Pααq). Овде спаѓаат повеќе маси на дацитско-андезитски карпи, кај кои пропилитизацијата е доминантен вид измена иако понекогаш долж пукнатините се и хидротермално изменети.

Хидротермално изменети андезити (Hα). Карпи под ова име се издвоени на западниот и ЈЗ ободен дел на Плавица. Тоа се значителни маси на андезити кои во голема мера подлегнале на хидротермални промени, но сепак значително помалку отколку оние во централниот дел на Плавица така да овие промени не ги измениле значително структурниот и текстурниот склоп (зачувани се фенокристали на фелдспат и боени состојки). По состав главно се биотитски - хорнбленда андезити.

Интензивно изменети и оруднети карпи (андезити, дацити, латити, пирокластити-Нру). Централниот дел на вулканскиот апарат на Плавица, е изграден од различни видови на вулкански карпи, кои овде редовно се хидротермално изменети, а покрај тоа и редовно се интензивно пиритизирани и во многу делови екстензивно оруднети (Cu, Ag, Au, Pb, Zn, Mo).

Кварцлатити (Eα). Обично се јавуваат во вид на некови, штокови и дајкови кои ги пробиваат околните дацито-андезити и (или) нивните туфови односно пирокластити. Обично се потполно свежи со стаклест сјај и темно-сива боја. Во основната маса која е изградена од криптокристалест кварц и калиски фелдспат се наоѓаат фенокристали на санидин, биотит, и кварц. Имаат порфирска структура и масивна текстура.

Силекс-секундарните кварцити во централниот дел на Плавица имаат значително распространување. Тие ги изградуваат највисоките делови на Плавица во правец на исток овие тела содржат и значителни количини на алунит кога постепено преоѓаат во алунитски кварцити. Тие освен трагови од сулфиди во себе содржат и извесна количина на злато. Покрај тоа често содржат примеси на алунит, ретко каолин, илит, пирит и др. Нивниот преод кон околните карпи обично не е остар, односно постепено преминува во околните карпи во вид на посилно или послабо изразена силификација.

На највисоките делови на Плавица на неколку места има нешто поголема количина на делувиялен нанос, а во потоците на северните падини на Плавица и остатоци од речни тераси.

Хумусниот покривач речиси постојано е тенок а го има главно во пошумените места додека на ЈИ падини на Плавица (во пределот на Златица) речиси воопшто го нема.

II. 6. Алтерации

Флуидите кои доаѓаат од стопената магма се екстремно жешки и се наоѓаат под големи притисоци во длабочината на Земјата. Како што овие флуиди се движат нагоре, тие се мешаат со површинските води и го менуваат составот на карпите со кои доаѓаат во контакт. Овој процес е познат како алтерација.

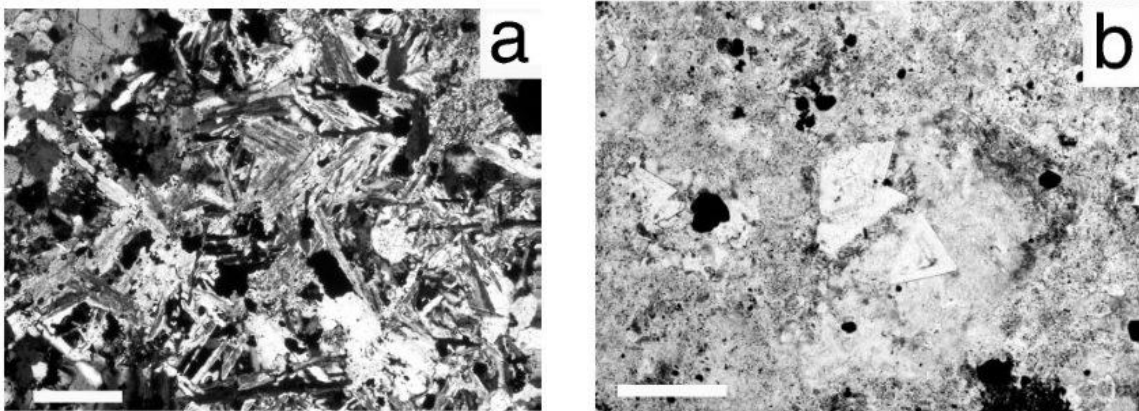
Алтерациите се претставени со различни интензитети на серицитизација, каолинизација, алунитизација, силификација и пиритизација. Во рамките на шупликовата силиција, минерализацијата на злато е тесно поврзана со интензивна силификација, хематизација, алунитизација и јаротизација. (Денковски, 1979).

Од хидротермалните промени силификацијата, пирофилитизацијата, серицитизацијата и пиритизацијата се постојано екстензивно и интензивно присутни. Во погорните делови се сретнуваат хидротермални промени кои имаат индикаторен карактер за постоење на полиметалична минерализација. Пред се тоа се алунитизацијата и баритизацијата. Во подлабоките делови се среќаваат хлоритизација, бауеритизација и пирофилитизација. Позначајни хидротермални промени се калиската метасоматоза и алкалните алтерации. Продукт на калиската метасоматоза се албитизација, адуларизација, хидробиотизација и др. За постоење на калиската метасоматоза потврдува и фактот дека просечната содржина на калијскиот оксид по должината на издупченото јадро е повисок. Очигледно е дека калијската компонента потекнува делумно од фелдспатите, но свој удел имаат и хидротермалните промени. Најзастапена е адуларизацијата и албитизацијата. Алунитот е најприсутен во погорните делови. (Денковски, 1979).

Според *Alderon & Serafimovski (2007)*, алтерациите на вулканските карпи се најсилни во центарот на наоѓалиштето и во близина на силикатните тела (сл. 11 а) и б)). Доминанти се четири вида на алтерации:

- (I) Серицитска алтерација со серицит и кварц, заедно со минорни количини на титанит, турмалин, барит и адуларија;
- (II) Напредна аргилитска алтерација претставена со каолинит, алунит (сл 11 а), зунит (сл 11 б), пирофилит, дијаспор и корунд;
- (III) Силификацијата е силно присутна;

- (IV) Пропилитска алтерација. Најголемиот дел од околните карпи на Плавица содржат различни количини на епидот, хлорит, серицит, калцит, рутил и магнетит.



Слика 11. Микрофотогарафии на емитурана светлина на изменети примероци од Плавица. а) остри парчиња алуниот во изменет андезит б) кристали на зунит во изменет андезит (Alderton and Serafimovski, 2007).

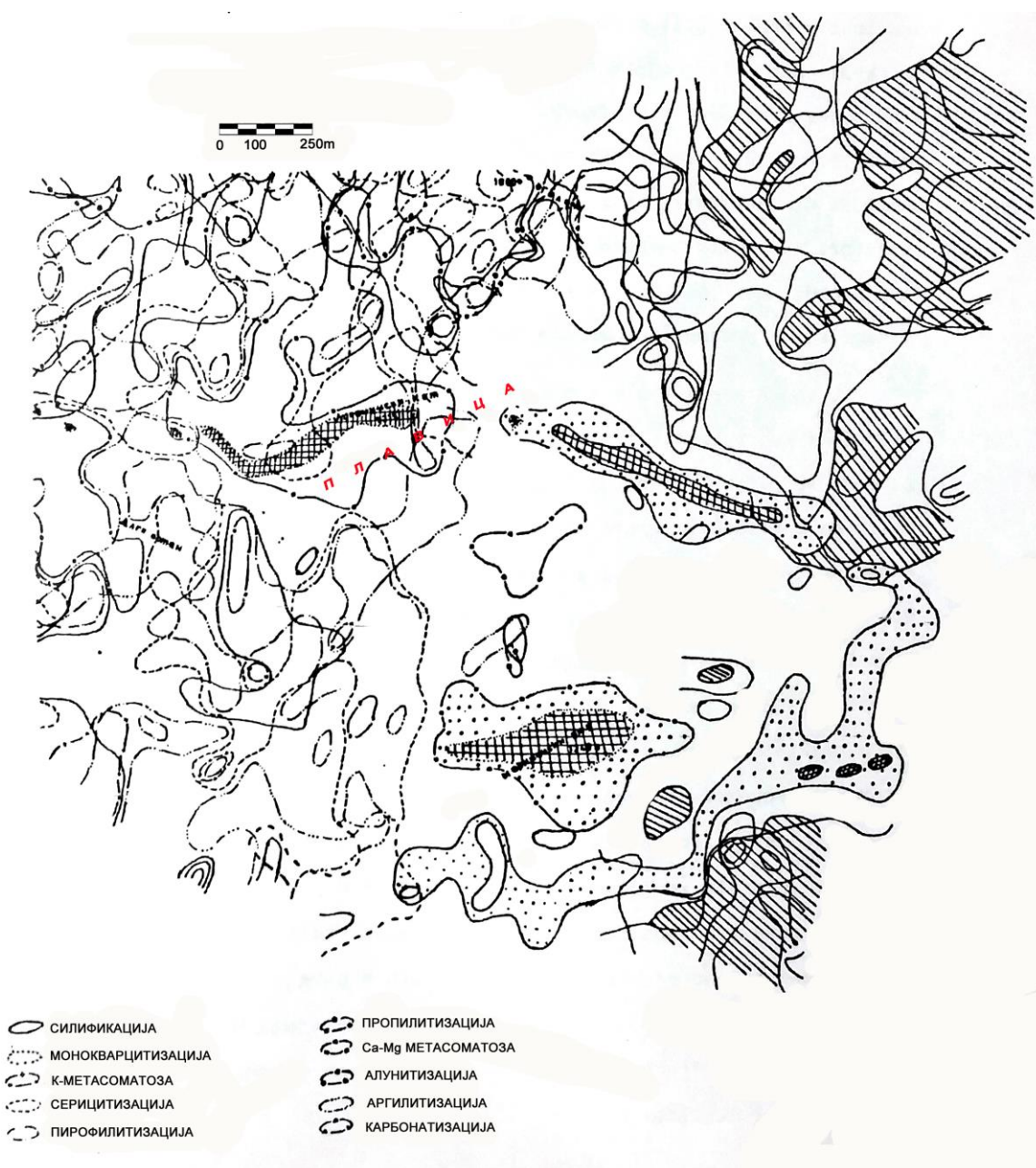
Figure 11. Microphotos of a) sharp alunite in altered andesite b) zunite crystals in altered andesite (Alderton and Serafimovski, 2007).

Алтерациите се многу продорни и не се поврзани конкретно со жиците на оруднување. Сепак може да се зборува за груба зоналност. Централниот и подлабоките делови содржат серицитизација додека напредната аргилитска алтерација се јавува во околните делови вклучувајќи ги и силикатните тела.

Cuthbertson, (1998) тврди дека алтерациите исто така се контролирани од порозноста на карпите, така што во порозните карпи алтерацијата е продорна, додека во непорозните карпи е контролирана од густината на пукнатините. Во вториот случај алтерацијата е најсилна во пукнатината и бргу ја губи јачината како што продира подлабоко во карпата. На тој начин карпата ја губи својата цврстина и се создаваат услови за бречирање или промена на минерализацијата од пукнатинска во импрегнациона.

Според Иванов и Денковски (1980), изработена е детална и комплексна студија во периодот од 1977-1980 на хидротермалните алтерации и алкалната метасоматоза и одредување на алкалиите K_2O и Na_2O . Испитувањата се вршени на примероци земани од површината како и од многубројните дупнатини. Во рамките на студијата за алтерациите биле извршени микроскопски испитувања, а еден дел од алтерационите продукти биле

потврдени со рендгенска дифракција. Врз основа на овие испитувања биле констатирани бројни хидротермални алтерации (сл. 12): пропилитизација, пиропилитизација, силификација, серицитизација, илитизација, каолинизација, хлоритизација, епидотизација, алунитизација, калцитизација, доломитизација, карбонитизација, адуларизација, сосиритизација, зоизитизација, зеолитизација, зунитизација, турмалинитизација, јарозитизација, пиритизација, аргилитизација, хидробиотизација, монокварцитизација и др. Некои од поважните и позастапените следат подолу:



Слика 12. Карта на хидротермални алтерации (Иванов и Денковски, 1980)

Figure 12. Map of hydrothermal alterations on Plavica (Ivanov & Denkovski, 1980)

Монокварцитизација – секундарни кварцити. Овие претставуваат највоочливи феномени на хидротермалната алтерација во областа. Со својата отпорност спрема атмосферските појави тие штрчат во релјефот образувајќи најистакнати точки во него. Се јавуваат во облик на издолжени тела – леќи и неправилни маси. Најчесто се шупликави. Оваа шупликавост е карактеристична поради испирање на разни рудни и нерудни минерали (пирит, илит, каолин, алунит и др.) поради што остануваат негативни отисоци во силификуваната маса. Поголеми шуплини се создаваат поради непотполната силификација – метаморфоза на исходната карпа која подоцна е испрана. Секундарните кварцити на теренот формираат еден дисконтируиран прстен благо издолжен во правец И-З. Секундарните кварцити немаат длабоки корени и со длабочина поминува кон послаба фаза на силификација и алунитизација.

Силификација – Оваа алтерација е распространета многу широко на испитуваниот терен. Нејзиниот интензитет варира во широки граници, така што некаде поминува во монокварцити, а некаде постепено и потполно се губи поминувајќи во други алтерациски продукти: каолинизација, пирофилитизација, серицитизација и др. Се јавува во дополнителни жилички кои се здружени со пирофилит, алунит и зунит. Поради својата екстензивност индикативното значење на силификацијата е мало.

Пирофилитизација – Се јавува главно во периферните делови на подрачјето надвор од внатрешниот прстен на монокварцитите. Под микроскоп се гледаат ситни агрегати, многу често со радијално лепезести структури. Покрупните агрегати се гледаат често во жилички заедно со кварцот и рудните минерали. Очигледно е дека пирофилитот е постар од рудната минерализација. Покрај своето екстензивно појавување на поедини места, карпите се составени и со преку 50% пирофилит. Можно е да постојат две генерации на пирофилит кои настапуваат во вид на импрегнации и жици.

Серицитизација – Оваа промена е возможно да се издвои само под микроскоп, бидејќи на теренот тешко се разликува од пирофилитот и каолинот. Под терминот „серицитизација“ не може со сигурност да се утврди, без подетални хемиски и рендгенски испитувања, дали се работи за мусковитски или парагонитски серицит. Мошне тешко е раздвојувањето на серицитот поради присуството на хидромусковит и илит. Поради тоа овие вариетети се

повеќе пати вклучени во серицит макар што нивното значење не е секогаш исто, додека серицитот (мусковитски и парагетитски) е секогаш ендеген алтерацион материјал. Илитот може да биде ендеген и егзоген минерал. Серицитизацијата е доста развиена на испитуваното подрачје. Застапена е во надворешниот круг на хидротермалните измени. Било да се работи за парагонитски или за мусковитски серицит, тие укажуваат на зони кои имале активно учество на алкалните раствори. Во рамките на оваа зона заедно со кварцот, односно повеќе кон преодот кон внатрешниот ринг на калиската метасоматоза за серицитизацијата е врзана и бакарната порфиска минерализација.

Аргилитизација – Во аргилитизација се вклучени каолините минерали: каолинит, халоезит, илит и др. Тие настапуваат како егзогено, така и ендегено. Овде дури, присутен е кристалот каолин, развиен во лепезасти структури. Неговата минерална одредба е извршена со рендген. Каолинот како минерал настапува на релативно ниски температури, обично во ободните зони на хидротермалните алтерации. Аргилитизацијата се наоѓа во ободната зона, меѓутоа таа зона не е строго коцентрична, туку навлегува и во внатрешниот круг на монокварцитите. Не може точно да се каже кој од генетскиот тип на каолин е повеќе присутен, ендегениот или егзогениот.

Алунитизација – Таа настапува во учество на сулфатните раствори. Обично е врзана со силификацијата и моноквартизацијата. И покрај тоа што се смета дека тоа е егзоген процес, сепак во полно случаи, па и кај нас, алунитот се создава и ендегено. На ендегено потекло на алунитот покажува неговото појавување на голема длабочина и во присуство на сосема свежи сулфиди. Тој формира убаво изразен круг пратејќи ја како ореол моноквартитизацијата. Вертикално тој е поврзан поинтензивно со повисоките зони, додека исклучително се јавува во поголеми длабочини. релативно често е поврзан со минерализацијата, посебно за зоните каде е изразена штоквертната минерализација. Заедно со алунитот на површината оди и егзогениот јарозит. Тој најчесто со својата микро-кафеава боја благо ги обојува карпите.

Пропилитизација – се јавува во крајните ободи на алтерационите зони. Таа претставува аутохидрациона измена настаната во затворен систем. Оваа промена и претходи на минерализацијата и хидротермалните измени.

Пропилитизација не е директно индикаторна измена врзана за минерализацијата но со содржината на минералните со себе, како рудни, така и петрогени, укажува на карактерот на магмата: присуството на водата, јаглероден диоксид, рудни минерали и др. Всушност целиот масив зафатен во хидротермалните измени е пропилитизиран. После неговата тектонска преработка е нападнат од пост магматските волатили и потполно хидротермално изменет. Така што од пропилитизацијата, освен во реликти останати во ободот, во „сенка“ на хидротермалните измени не останала скоро ни трага. Промените во пропилитизираниите карпи одат како по тектонските пукнатини, така и пукнатини на лачење. Хидротермалните раствори образуваат хидротермални алтерации во пропилитите.

Ca-Mg Метасоматоза – Во оваа измена влегуваат епидотизацијата со цоиситизацијата и хлоритизацијата. Оваа измена е врзана за пропилитизацијата во надворешниот појас изграден претежно од префинетиот дел и претставуваат реликти од бившите пропилити заостанати при хидротермалната акција. Истата не е посебно индикаторна за бакарната минерализација.

К- Метасоматоза – калиумовата метасоматоза е мошне значајна за минерализациите на бакар од порфирски тип. Во дијаграмите и моделите на Џилберт – Ловел минерализацијата на бакар е сместена во преодот помеѓу јадрото на кварц, калиско – фелдспатско хидробиотитска зона составена од серицит, кварц и пирит. Таа просторно се јавува непосредно на надворешен обод на внатрешниот монокварцитен или појас. За жал кај нас не е претставена како континуирана, туку се јавува во облик на релативно мали маси кои меѓутоа образуваат една зона надвор од монокварцитите. Под микроскоп често пати адуларот и неоалбитот се често ситнозрнести и немаат изразени карактеристични особини, така што можат да се предвидат. Овде исто така настапува и е важен хидробиотитот кој што претставува биотит кој ги изгубил своите плеохроични бои, така што често пати може лесно да се замени со серицит и алунит. Оваа зона е дисконтинуирана ние ја набљудуваме во контекстот со останатите промени, така да претставуваат многу значајни индикации за бакарни порфирски минерализации.

Карбонатизација – Појавата има двојно генетско потекло. Делумно карбонатот настанал во процесот на пропилитизација, што укажува дека примарната магма во своите еманати имала и јаглероден диоксид со кои се створени карбонати од присутниот калциум во обоените состојки. Поради ова најголем дел од карбонатизација се наоѓа во зоните на пропилитите и нема индикаторно значење за бакарната минерализација. Меѓутоа, доста интензивна карбонатизација откриена на површината и во дупнатините на големи длабочини е од хидротермалниот процес. Има активно учество на јаглероден диоксид што е во општите карактеристики за полиметаличната минерализација во Кратовско - Злетовската рудна област. Индикативното значење на карбонатизацијата е јасно и во поглед на бакарната минерализација. Во карбонатизацијата се вклопени следните минерали: калцит од две генерации, доломит, сидерит, родохрозит, олигонит, манганокалцит и др.

Зеолитизација – Оваа хидротермална промена е ретко застапена во истражуваното подрачје на Плавица. Таа е откриена како хидротермална алтерација на неколку места. Најчесто се наоѓа со зголемена содржина во дупнатините. Често пати таа формира значајни алтерациони зони. Но, за жал, таа е многу ретка. Зеолитот има индикаторно значење како минерал и зона, но во Плавица не е толку изразен за да може практично да се користи.

Зунитизација – Додека на површината зунитот е констатиран многу ретко, него често го има во јадрото на дупнатините. Тој е многу чест и обилен, така да во поедини препарати учествува со преку 10%. Зунитот е кристално развиен и крупнозрнест. Често гради жилички во асоцијација со пиропилитот, каолинитот и др. Поради неговото присуство во дупнатините, а поретко појавување на површината, тешко е да се каже на која зона припаѓа и дали воопшто гради одредени зони во алтерационите измени. Во оваа хидротермална измена го ставаме и турмалинот. Него најчесто го има во јадрото на дупнатините. Тој настапува во вид на фина импрегнација. И тој како и зунитот не образува одредена алтерациона зона. Меѓутоа тој заедно со зунитот укажува дека растворот во Плавица содржат лесно испарливи елементи (F, Cl, B и др.) Присуството на турмалинот и зунитот укажуваат на висока фугативност на хидротермалните раствори.

III. ГЕОФИЗИЧКИ ИСТРАЖУВАЊА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ВО ФУНКЦИЈА НА ПОЛОЖБАТА НА ОРУДНУВАЊЕТО

Плавичкиот минерализационен систем, како што веќе спомнавме погоре, во повеќе наврати бил предмет на регионални, полудетални и детални геохемиски и геофизички истражувања. Имено, на профилска мрежа од 19 профили на меѓусебно растојание од 200 m и профилски точки на меѓусебно растојание од 100 m биле изведени геофизички мерења на вкупно 456 точки (Билибајкиќ Р. и Билибајкиќ Д., 1978). Токму врз основа од добиените резултати од геофизичките испитувања (гравиметрија и геомагнетизам) за овие точки во областа од интерес биле изготвени и гравиметриски и геомагнетни карти во соодветни размери (1 : 20 000 и 1 : 10 000).

Геофизичките истражувања на локалноста Пластица, аеро-геомагнетните и радиометриските истражувања (мерења на магнетниот интензитет), се извршени и во 1998 година од страна на компанијата Рио Тинто (Лондон, Велика Британија), на вкупна површина од околу 632 km². Истражните линии биле во мрежа 100 x 100m во централните делови на просторот и 500 x 500 m во рабните делови на областа и со правец на протегање север-југ. За прикажување на обликот и длабочината на поставеноста на изворите на аномалии, податоците се обработени со примена на програмите *Geosoft 2D* и *3D inversion program „Potent“*.

III. 1 Користени методи

Од страна на Рио Тинто се извршени магнетна метода со помош на хеликоптер (*Helicopterborne magnetic*) и метода на гама зраци (*gamma-ray spectrometer survey*) од страна на канадските компании *High-Sense Geophysics Limited* и *Airborne Geophysical Surveys Limited*.

Магнетната метода ги користи малите варијации во магнетичната минералологија (магнетно железо и железо-титаниумови оксидни минерали, вклучувајќи го магнетитот, титаномангнетит и титанохематит, како и некои сулфидни минерали како што е пиротинот, помеѓу карпите. Мерењата се извршени со помош на флуксметри, протонметри и магнетометри на оптичка апсорпција и од типот *Overhauser*.

Во повеќето случаи потребни се податоци од тоталното магнетно поле, како и векторски мерења. Магнетичните карпи содржат различни комбинации на индуцирана (предизвикана) и реманентна (заостаната) магнетизација кои го вознемируваат Земјиното магнетно поле. (*Reynold et all*, 1990). Магнитудите на индуцираната и заостанатата магнетизација зависат од квантитетот, составот и големината на магнетичните минерални зрна.

Магнетните аномалии можат да бидат поврзани со примарните вулкански или седиментни процеси кои ја воспоставуваат магнетната минералологија, или можат да бидат поврзани со секундарната алтерација која, или воведува или отстранува магнетични минерали. Во минералните истражувања, секундарните ефекти во карпите кои содржат рудни наоѓалишта, а се во асоцијација со хидротермалните системи се важни (*Hanna*, 1969; *Criss abd Champion*, 1984) и магнетните истраги можат да ги исцртаат границите на фосилна хидротермална активност. Бидејќи алтерацијата на карпите може да влијае на промената на релативната густина (*bulk density*), како и на магнетизацијата, магнетните аномалии, кога ќе се изврши корекција на насоките на магнетизацијата, се совпаѓа со гравитациските аномалии.

Магнетните истраги можат директни да детектираат одредени наоѓалишта на железо и магнетните методи се корисни за да се констатира подповршинската литологија и структурите кои би можеле да дадат идентификација на минерализираните карпи, шеми или проток на води.

Метода на гама зраци (*Durrance*, 1986; *Hoover et al.*, 1991) користи *scintolometry*, (броење на радиоактивноста), за да идентификува присуство на природни радиоелементи како што се калиум, ураниум и ториум, повеќеканалните спектрометри овозможуваат мерења на присуството на индивидуални радиоелементи. Методата на гама зраци има широка апликација во истрагите за ураниум бидејќи овозможува директно детектирање на ураниумот. Ториумот генерално е најнеподвижен елемент и геохемиските карактеристики му се слични на цирконот. Содржината на ториум зависи од зголемувањето на фелзичните (светли) карпи и генерално расте со алкалноста.

Гама спектрометријата, бидејќи може да обезбеди директни квантитативни мерења на природните радиоелементи дава информација за количините на радијација.

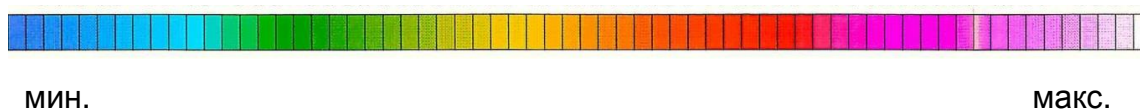
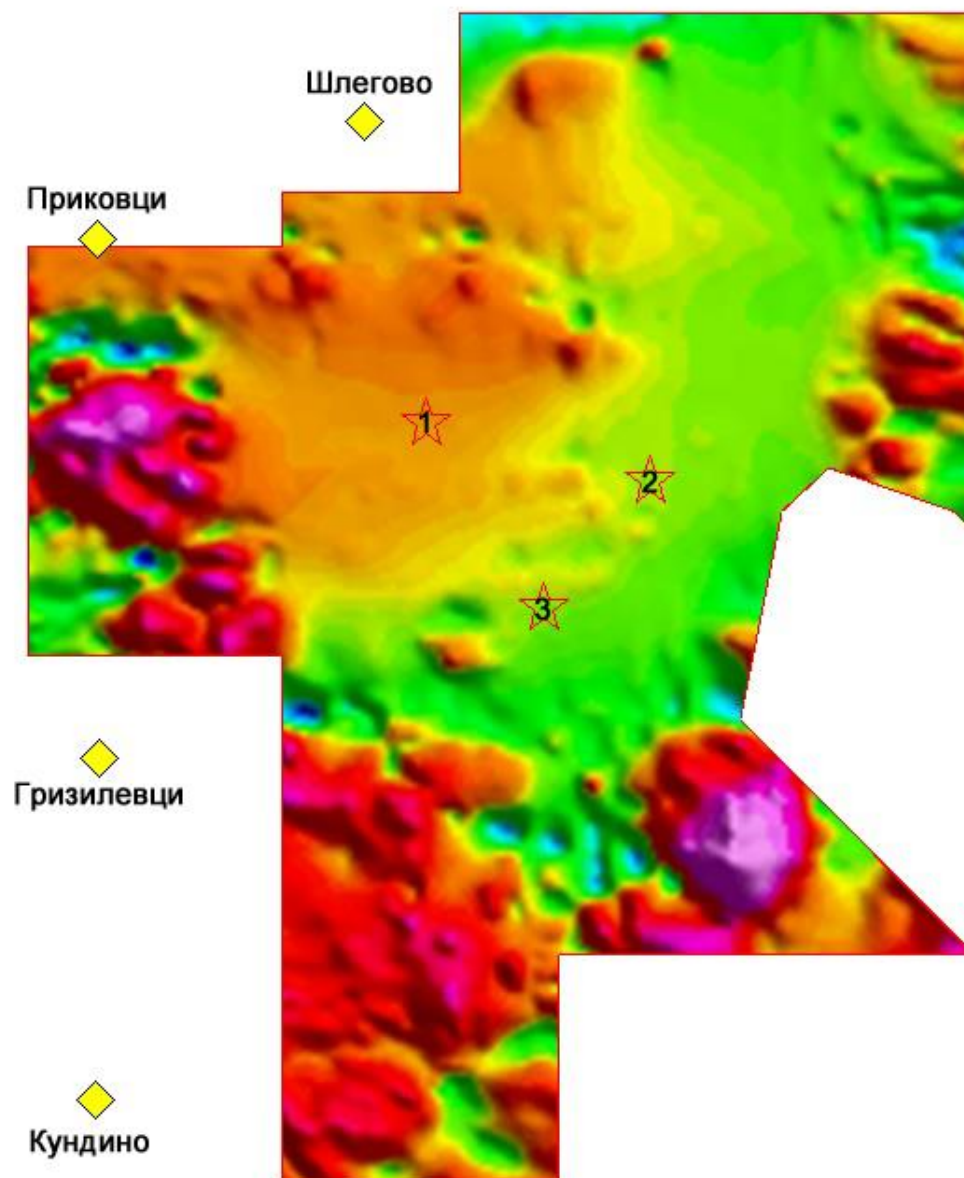
III. 2. Користена опрема и резултати

За снимањето е користен хеликоптер Ми-8 во сопственост на *HELI-AIR* од Бугарија со *HS-GFCS-II* систем за контрола, мониторинг и запис на податоците. Податоците од различните сензори се мониторирали на секоја 0,1 s за прецизна координација на геофизичките позициони мерења. ГПС координатите и прегледноста на теренот се достапни на пилотот со ЛЦД екран на допир, како и реакцијата на магнетометарот и алтиметарот во реално време. Користен е *Scintrex Cs-2 Optically Pumped Cesium Beam* сензор на 33 метарски долг кабел монтиран на носот на хеликоптерот. Магнетометарот е со осетливост подобра од 0,01 nT и интервал на мерење од 0,1 s. Мери магнетни полиња од 10 000 до повеќе од 100 000 nT.

Мултиканален дигитален спектометар за гама зраци *HSG KS 16* е споен со два 1024 in³ и еден 256 in³ NaI(Tl) детектори кои се наоѓаат во хеликоптерот. Кристалите на детекторите се спакувани во специјални топлински стабилизирани контејнери. Четирите примарни канали за тотална вредност, K, U, и Th, како и космичка вредност се снимани на секоја секунда. Позадинските пречки се корегирани со користење на аналитичка стратегија на Минти (1992).

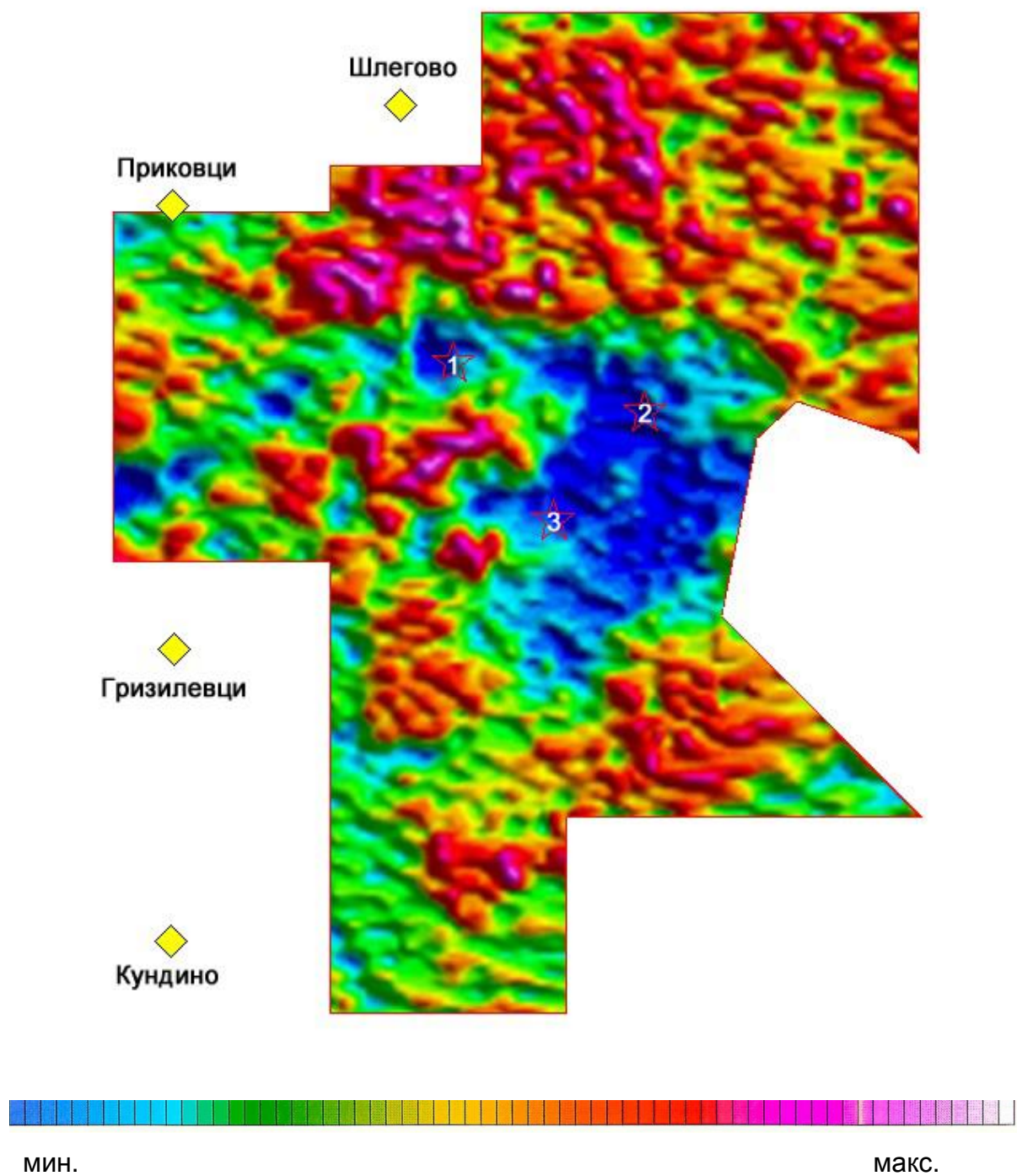
За мониторинг системот на земја се користени: Магнетометар. *GEM Systems Overhauser magnetometer (GSM-19)* кој е користен како базна станица за снимање на варијациите на Земјиното магнетно поле. Отчитувања со резолуција од 0,1nT се снимани дигитално секоја половина секунда и се синхронизирани со ГПС (*Novatel 10* канален рисивер со фиксна антена). Сировите сателитски податоци се дигитално снимани за да се овозможи диференцијална корекција на податоците од авионското снимање. Податоците од магнетните и од ГПС мониторите се снимани директно на персонален компјутер. На компјутерскиот екран постојано се набљудуваат графичките податоците од последните 40 минути. На крајот сите податоци се префрлаат во главниот компјутер. Во тој компјутер се врши комплетната обработка на податоците со помош на софтверот *Geopac RTICAD* развиен од страна на *High-Sense Geophysics Limited*.

Врз основа на овие мерења се добиени карти на тотален магнетен интензитет (ТМИ) (сл. 13) и карта на калијска компонента (сл. 14).



Слика 13. Карта на ТМИ 1) Доганџиски Камен 2) Плавица 3) Маричански Рид
(Рио Тинто, 1998, доработена од И. Ивановски)

Figure 13. TMI image 1) Dogandziski Kamen 2) Plavica 3) Marichanski Xill (Rio Tinto, 1998, further elaborated by I. Ivanovski).



Слика 14. Карта на калијската компонента 1) Доганџиски Камен 2) Пластица 3) Маричански Рид (Рио Тинто, 1998, доработена од И. Ивановски)
 Figure 14. Pottasium image 1) Dogandziski Kamen 2) Plavica 3) Marichanski Xill
 (Rio Tinto, 1998, further elaborated by I. Ivanovski).

III. 3. Коментар

Имајќи предвид дека геофизичките мерења се извршени врз поширока област, треба да се има во предвид дека генерално е подобро да се разгледа целата истражувана област, па од таму и да се влечат поважните заклучоци. Гледајќи го просторот кој е во рамките на концесијата Плавица, можеме да ги извадиме следните заклучоци:

Геофизичката слика на Плавица се карактеризира со посебен магнетски низок интензитет при што низ целата област има еднаков магнетен сигнал. Токму таквата состојба не дава многу структурни информации за областа од локални размери. Во порегионални размери, генерално може да се каже дека се забележливи регионални структури кои се протегаат во правец од ЦЗ кон ЈИ кои се во согласност со рудните жици во рудникот Добрево и структурите воочливи во Боровиќ.

Можеме да констатираме дека хидротермалните алтерации на Плавица се деструктивни за магнетитот поради неколку причини: Прво хипер-киселите флуиди кои циркулирале низ раните фази на минерализација ги лишиле вулканските карпи од нивните магнетни својства. Второ, во секое епитермално наоѓалиште на висока сулфидизација секое слободно железо би било конвертирано од оксид во сулфид (на пример магнетит во пирит) исто така намалувајќи ја магнетната осетливост.

На картата на калијската компонента може да забележиме дека радиометриските податоци покажуваат сиромашни бројки и осиромашување на калијската компонента која се совпаѓа со локациите на силикатните тела. Со други зборови, на оние места каде што на површините се воочливи силикатните „капи“ вредностите на калијската компонента се ниски. Може да кажеме дека оваа карта во голем дел е во склад со теренските констатации. Сепак калијската компонента не се покажа толку корисна на подрачјето на Плавица како што се очекувало.

Овие податоци во комбинација со останатите применети методи на проспекција дадоа стабилни насоки за понатамошни посериозни истраги, како што се и истражните дупчења.

IV. ФАЗНИ ГЕОХЕМИСКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО ФУНКЦИЈА НА ДЕФИНИРАЊЕ НА ПОТЕНЦИЈАЛНИТЕ РУДОНОСНИ АПАРАТУРИ

Наоѓалиштето Плавица има полиметаличен минерализација каде што доминираат златото и бакарот, карактеристична за епитермалните наоѓалишта на висока сулфидизација. Различни концентрации на Au, Cu, Ag, Mo, Pb, Zn се присутни низ системот низ простор со големина од околу 2,5km² каде се наоѓаат повеќето изменети карпи.

Геохемиските истражувања започнале со значителен обем на литогеохемиско опробување од изданоци на карпите извршени за време на проспекцијата и геолошкото картирање. Тука пред сè се мисли на спроведените полурегионални геохемиски истражувања извршени на локалноста Плавица од страна на Геоинститут Скопје, каде што е вршена литогеохемиска проспекција по примарни и секундарни ореоли на расејување.

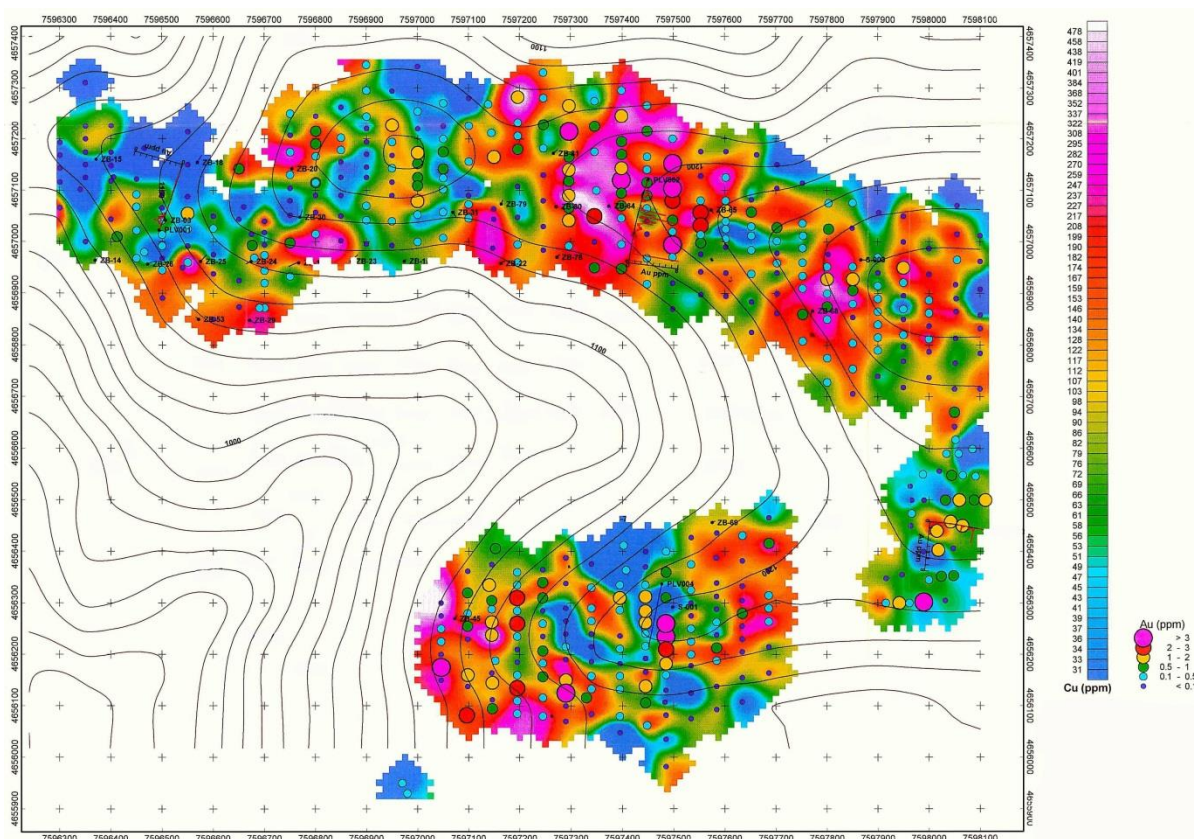
IV. 1. Примарни и секундарни ореоли на расејување

Во 1999 година Рио Тинто има извршено геохемиско опробување на поширока област во рамките на Кратово-Злетовската вулканска област, паралелно со други геолошки и геофизички истраги со цел добивање на одредени насоки околу појавата на рудоносна минерализација во поширокото подрачје во оваа област. Земани се примероци од примарни и секундарни ореоли на расејување. Одредени делови од наоѓалиштето Плавица не се зафатени со истрагите на секундарни ореоли на расејување па затоа во 2014 година компанијата Генезис го заокружува целото подрачје со земање на геохемиски проби по квадратна мрежа 200 x 200 m.

Примарните ореоли на расејување изработени од Рио Тинто може да се видат на слика 15.

Имено, геохемиските истражувања потврдија дека примероците од северните делови на теренот (по должина на Северен Рид) дефинираат златоносна аномалија од редот 300 x 300 m, во самиот центар на областа. Оваа аномалија е проследена со силни аномалии на бакар и арсен. Одејќи кон запад аномални вредности покажале среброто и оловото, проследени со ниски концентрации на злато. Север-исток ориентираниот Источен Рид во источните

делови од областа се карактеризирал со зголемени концентрации на злато (во 8 примероци вредностите оделе преку 1 g/t Au), проследени со благо зголемени концентрации на арсен, а сето тоа на површина од 250 x 100 m.



Слика 15. Карта на примарни ореоли на расејување (Рио Тинто, 1999)

Figure 15. Map of rock chip sampling (Rio Tinto, 1999)

Во јужните делови биле детерминирани две аномалии на злато. Едната, на Маричански Рид (на површина од 150 x 100 m) која се карактеризира со зголемени концентрации на злато (>1 g/t Au) проследени со намалени концентрации на бакар, арсен, сребро и олово. Втората аномалија, која се простира на површина 300 x 300 m, е на околу 300 m јужно од онаа на Маричански Рид и покрај златото, покажува зголемени концентрации на бакар и арсен.

Од страна на компанијата Генезис е извршено доистражување на Пластица со помош на методата на секундарни ореоли на расејување (почвено опробување - *soil sampling*), претходно вршена од страна на Рио Тинто во 1999 година. Имено, нецелосната покриеност е дополнета со повторно опробување на неистражените зони и формирање на една комплетна геохемиска карта на секундарни ореоли на расејување која заедно со картата на примарните

ореоли на расејување (*rock chip*) (изработена од Рио Тинто) дава една покомплетна слика за понатамошните цели на геолошки истраги. Процедурата на земање на овие проби е запазена во склад со процедурата користена од страна на Рио Тинто со цел запазување на репрезентативноста на резултатите и нивна компатибилност. (сл. 16)

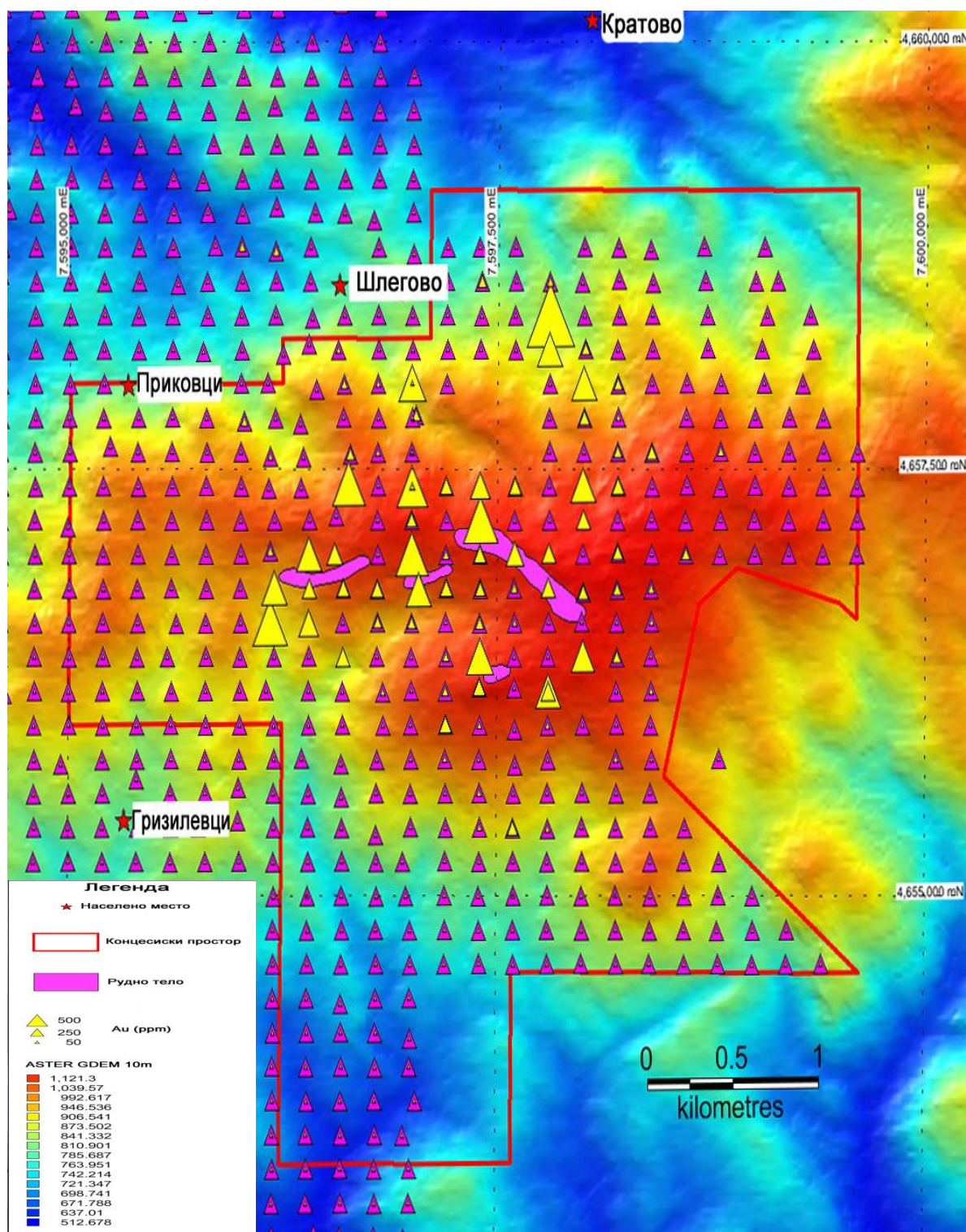


Слика 16. Земање на проби од почва

Figure 16. Soil sampling

При земање на пробата прво се отстранува површинскиот дел од почвата која го претставува хумусниот покривач (околу 20-30cm) и потоа се зема примерок со количина од 5-6 kg и се става во вреќа. Тој материјал се носи во лабораторија каде што се суши 24 часа во печка на 100 °C и потоа тој материјал се просејува со сито со пропусливост од 180 микрони при што се обезбедува проба со тежина од 100-200 грама. Ако добиениот материјал е потежок, вишокот се отстранува со кватирање. Вака подготвените примероци се пакуваат во картонски вреќички и се праќаат на хемиска анализа во реномирана лабораторија. Рио Тинто анализите ги има направено во *Otas Laboratories* во Галвеј, Ирска. Генезис анализите ги има вршено во лабораторијата *SGS S.A.* во Анкара, Турција. Анализите се извршени со методата Атомска атсорпциона спектрометрија (AAS) со пламен завршеток за одредба на златото и *ICPES* на 49 други елементи.

Вкупните анализи на секундарните ореоли на расекување се претставени на слика 17.



Слика 17. Карта на секундарни ореоли на расејување на Плавица(Геолошка служба на Генезис, 2014)

Figure 17. Soil sampling map of Plavica (Geological Service of Genesis, 2014)

Овие комплетни истраги генерално го потврдуваат присуството на злато во делови на Плавица кои веќе интензивно се истражуваат со истражни дупчења. Нови области кои се интересни и ќе бидат предмет на подетални истраги се оние над с. Шлегово каде што има значителна концентрација на Au и во делот на врвот на Плавица, каде исто така има нови интересни содржини на Au.

IV. 2. Геохемиска асоцијација на елементите во наоѓалиштето

Со досегашните хемиски, спектрохемиски, масеноспектрометриски и други испитувања, во кои зеле учество Пантиќ и др. (1972), Ристиќ и Клајн (1973), Стојанов (1974), Иванов и Денковски (1978), Мудриниќ (1982, 1986) и др., како и геохемиските испитувања спроведени од западни компании од редот на *Cyprus Amax Minerals Co.* во 1994/95, *Minorco Ltd.*, 1995, *Rio Tinto Ltd.* 1998, Генезис ресурсис интернешнл ДООЕЛ Скопје (2011-), во наоѓалиштето Плавица е утврдена сложена геохемиска асоцијација на елементите, кои во основа го одредуваат полиметалниот карактер на штокверкно-импрегнационите и жичните оруднувања во ова наоѓалиште на бакар, злато и други полиметали.

Геохемиската асоцијација ја сочинуваат следните елементи: Ni, Co, Ti, Cr, V, W, Sn, Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, As, Sb, Sr, Ba, Cd, In, Ga, Ge, Se, Ta, Tl и др. Еден дел од наведените елементи, како што се Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Ag, Fe, Ti, Ba, се наоѓаат во рамките на сопствени рудни минерали, додека најголем дел од придружните (ретки и расеани) микроелементи се наоѓаат најчесто неправилно дистрибуирани во рамките на поедините рудни минерали и изменетите вулкански карпи.

Од набројаните микроелементи, покрај Cu кој претставува основен руден метал, постојано присутни во наоѓалиштето се и Pb, Zn, Au, Ag, Mo, потоа As, Sb, Ba, а од ретките елементи се појавуваат Bi, Sn, Cd, In, Ge, Se, Te и др.

Поголем дел од ретките и расеани елементи во наоѓалиштето се регистрирани со масеноспектрометриските испитувања (Мудриниќ 1982) на мономинералните фракции од главните минерали како што се: халкопирит, пирит, енаргит, халкозин, галенит, сфалерит и др., додека литогеохемиските испитувања вршени главно на секундарните кварцити и нивната непосредна околина од веќе наведените западни компании, анализирани главно со атомска емисиона спектрометрија.

V. ПОВОЛНОСТ И КАРАКТЕР НА ГЕОЛОШКАТА СРЕДИНА ЗА ДЕПОНИРАЊЕ НА ПОЛИМЕТАЛНАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА

Зборувајќи за епитермалното наоѓалиште на висока сулфидизација Пластица можеме слободно да кажеме дека минерализацијата е контролирана од три главни фактори (сл. 8). Тоа се:

- **Силикатните капи.** Хидротермалните секундарни кварцити се формирани кога врелите и кисели хидротерми од внатрешноста на земјата во своето движење кон погорните слоеви доаѓаат до нивото на подземни води. Во допирот со студената вода овие хидротерми се депонираат формирајќи вообичаено леќести форми. На Пластица овие силикатни капи се шуплики силициум (*vuggy silica*), за разлика од оние на Црн Врв кој е оддалечен 6km и е по состав масивен силициум. Овие силикатни капи се многу цврсти и служат како екран кога минерализацијата се движи кон погорните слоеви. Кога по структурите низ кои се движи металичната минерализација дојде до силикатните капи, таа не може да ги пробие така што вообичаено се депонира во геолошката средина под нив и во самите пори на хидротермалните кварцити. Самото депонирање на минерализацијата под силикатните капи овозможува концентрација на економски исплатливи содржини на злато, а не негово расејување. Самата форма и големина на силикатните капи диктираат и колкави ќе бидат концентрациите на рудна минерализација под нив.
- **Раседните структури.** Раседите, пукнатините и сите останати структури и микропукнатини се од важност при формирање на овој тип на наоѓалиште бидејќи низ нив по линија на послаб отпор се движи минерализацијата. Освен депонирањето на минерализацијата во околната геолошка средина, самите доводи на оруднување се збогатени со рудна минерализација. Овие структури на Пластица се претежно вертикални, па затоа и истражните дупчења се вршени под одреден агол за да може конкретно да се утврди положбата на овие структури. Со тоа би се избегнала ситуација каде при вертикално дупчење истражната

дупнатина би навлегла комплетно во една таква структура или би се движела покрај неа со што би се добила погрешна слика за ова наоѓалиште.

- **Поволна геолошка средина.** Со оглед на тоа дека минерализацијата движејќи се низ овие структури доаѓа до одреден екран (силикатните капи) таа неизбежно се депонира во околната средина. Во случај каде имаме различни типови на карпи со различна густина, по линија на послаб отпор минерализацијата се депонира во онаа геолошка средина која пружа помал отпор, односно е попрозна. Во случајот на Пластица, оваа геолошка средина е услоениот пепеласт туф (стратификуван туф според Југословенската терминологија). Овој услоен туф на Пластица има генерална поставеност со слаб пад од 20-40° кон југ-југозапад. Овој туф е најстар од околните карпи и е испресечен од различни вулканити и пирокластити. Фините ламинации на овој туф овозможуваат рудната минерализација да се депонира меѓу нив и со тоа да формира економски значајни содржини на злато. Исто така истражните работи на Пластица укажаа дека минерализацијата се депонира и на контактите на поволната геолошка средина со околните карпи.

Во контекст на погоре наведеното, а сепак сеопфатно во наоѓалиштето Пластица, можеме да констатираме дека рудната минерализација е создадена главно со пополнување на празните простори, во рамките на пукотинско-раседните системи, жиличките, прожилците и метасоматски е импрегнирана во околните хидротермално изменети вулкански карпи. Импрегнационата минерализација обично најинтензивно е застапена непосредно околу поизразените пукнатински системи. Исто така, значајни содржини на полиметалична минерализација се наоѓа во силикатните тела и порозната геолошка средина.

VI. ГЛАВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОРУДНУВАЊЕТО ВО НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА

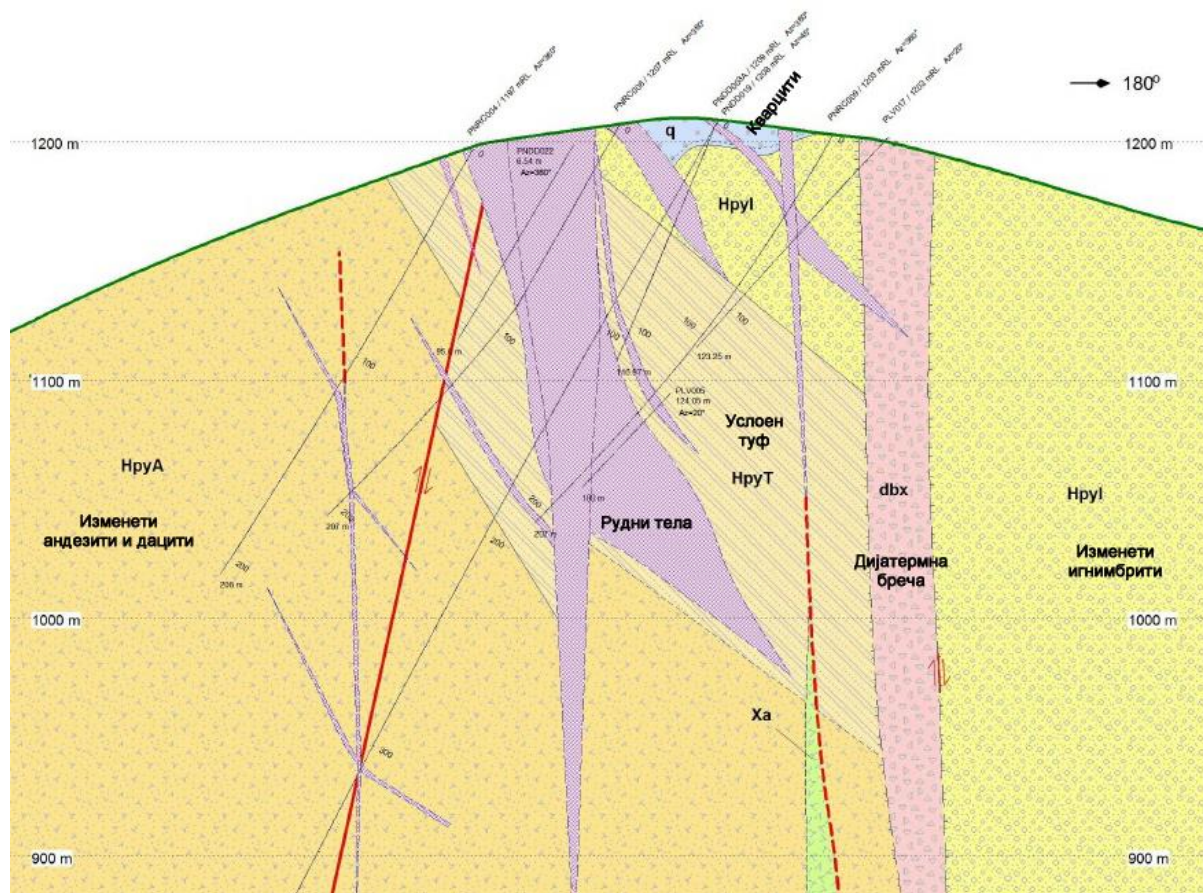
Севкупните истражувања кои биле реализирани на локалноста Плавица, како резултат го имаат наоѓалиштето Плавица во кое се констатирани интересни содржини на бакар, злато и придружни полиметали од редот на сребро, молибден, олово, цинк и др. За да се здобие покомплетен увид во градбата, просторниот и генералниот распоред на рудната минерализација во наоѓалиштето Плавица, во понатамошниот преглед подетално ќе бидат опишани морфолошките карактеристики на оруднувањето, односно рудните тела.

VI. 1. Морфолошки облик на оруднувањето

Уште при изготвувањето на првиот Елаборат за пресметка на рудните резерви на наоѓалиштето Плавица-Златица (*Terzić i dr.*, 1986), и најновиот (Серафимовски и др., 2014), е констатирано дека и покрај обемните истражни работи кои се реализирани во пределот на планината Плавица и бројните геолошки податоци кои се собрани со овие истражувања, се уште е тешко, децидно да се зборува за просторната положба, границите спрема околните карпи, па според тоа и за големината на полиметаличното наоѓалиште Плавица. Ова е поради тоа што рудната минерализација се јавува екстензивно, многу расеано во просторот, при што распределбата на поедините корисни компоненти и нивните меѓусебни количински односи во просторот се многу различни и на релативно кратки растојанија.

Бидејќи овој вид на рудна минерализација се јавува речиси во целиот централен простор на Плавица односно во внатрешниот дел на плавичката калдера тогаш и поимот наоѓалиште Плавица може условно да се поистовети со овој простор што не е исправно. Сепак, потенцијалноста на тој широко алтеризиран и минерализиран простор е неспорен и дефинирањето на различните морфолошки типови на оруднување веројатно ќе оди последователно и фазно, што впрочем се потврди и со најновите истражувања на североисточните делови на наоѓалиштето Плавица во кое се утврдија епитермални минерализации на злато од типот на висока сулфидизација поврзани за

синтер-секундарните кварцити, оксидираните бречи и стратификуваните туфови (сл. 18).



Слика18. Попречен геолошки профил на дел од наоѓалиштето Плавица со приказ на морфолошките облици на рудните тела на злато (Геолошка служба на Генезис, 2013)

Figure 18. Geological cross section of the site Plavica showing the morphological forms of gold ore bodies (Geological Service of Genesis, 2013)

Морфологијата на рудните тела е различна. Оруднувањето настапува во вид на жици и штокверкно-импрегнациони рудни тела чии размери и контури спрема досегашниот степен на истраженост, се уште се недоволно јасни. Штокверкно-импрегнационата бакарна минерализација со досегашните истражувања е утврдена и регистрирана на површина од околу 6 km², а по длабина со истражно дупчење е пратена најчесто до 300 m, поретко до 600 m и сосема ретко до 1 000 m (дупнатина ZB-5). Содржината на бакарот во поедините делови од оруднетиот простор е доста варијабилна, но во просек се движи од 0.2-0.3% Cu. Далеку поголема е содржината на бакарот во

енаргитските рудни жици на подрачјето на Златица, но овие рудни тела се со мали размери. Со истражни работи (истражни поткопи) поедините енаргитски жици се пратени по протегање до 200 м при што е утврдена просечна моќност од 0.7-5 т и содржина од 1.93% Cu (Пантиќ и др. 1972).

Според погорното, рудната минерализација се јавува во вид на рудни тела со различен структурно-морфолошки облик: импрегнациони, штокверкно-импрегнациони, жични, масивно-импрегнациони и др. Воедно, согласно деталните прегледи на јадрата од дупчотините, а подоцна и рудно-микроскопските испитувања е констатирано дека импрегнациониот тип на оруднување е најчесто присутен. Имено, импреганциониот тип на оруднувања најчесто преоѓа постепено во штокверкно-импрегнационен тип кој во издупчените дупчотини значително ретко се јавува. Жичните рудни тела, релативно често, се јавуваат во централниот дел на Плавица. Врз основа на досегашните резултати на истражувањата може да се каже дека овие рудни жици се најчесто доста тенки, но и дека доста брзо исклинуваат во просторот.

Треба да се потенцира дека најновите детални геолошки истражувања реализирани од страна на компанијата Генезис ресурсис интернешнл ДООЕЛ Скопје, беа сконцентрирани главно во североисточниот дел од наоѓалиштето Плавица или минерализираниот простор Плавица-Златица, но главно околу врвот Плавица каде интензивно се пројавени секундарните кварцити. Овие обемни истражувања дефинираат еден нов тип на оруднување на бакар и злато во кој доминира епитермалното злато од висока сулфидизација со карактеристични издолжено-леќести морфолошки форми кои на места ги сладат и структурните контроли (слика 19). Не треба да се добие впечаток оти во овој дел од наоѓалиштето не постојат жични оруднувања, но сепак тие се вклопуваат во новиот систем на минерализирање кој е нешто покомплексен. Имено, ако се набљудуваат повнимателно приложените геолошки профили може да се види дека структурната контрола имала големо влијание врз оформувањето на морфолошкиот облик на рудните тела, а литолошката контрола одиграла улога на просторниот распоред на локализацијата на рудните тела. Многу впечатливи се издолжено леќестите рудни тела на епитермалното злато од висока сулфидизација, но постојат и рудни тела во

форма на вертикален вретенест облик диктиран од структурниот склоп, дисконтинуирани псевдослојни форми и оруднувања вдоль бречираните зони. Постојат и импрегнации кои се најпечатливи во апикалните делови на вулканскиот апарат, кои обично ги следат жично-импрегнационите системи на злато и бакар од високо-сулфиден тип. Најголем дел од јасно дефинираните, издолжено-леќести рудни тела, генерално задржуваат пад кон исток односно североисток (Серафимовски и др., 2014). Ваквата разноликост во начинот на појавувањето на рудните тела уште еднаш ја потенцира комплексноста на оруднувањата во наоѓалиштето Пластица, не само од генетски, геохемиски, просторен туку и од морфолошки аспект. Воедно продолжувањето на истражувањето, во овој разновиден и простран минерализационен систем, најверојатно ќе доведе до дефинирање и на нови типови на оруднување, но и на нови морфолошки облици на рудните тела

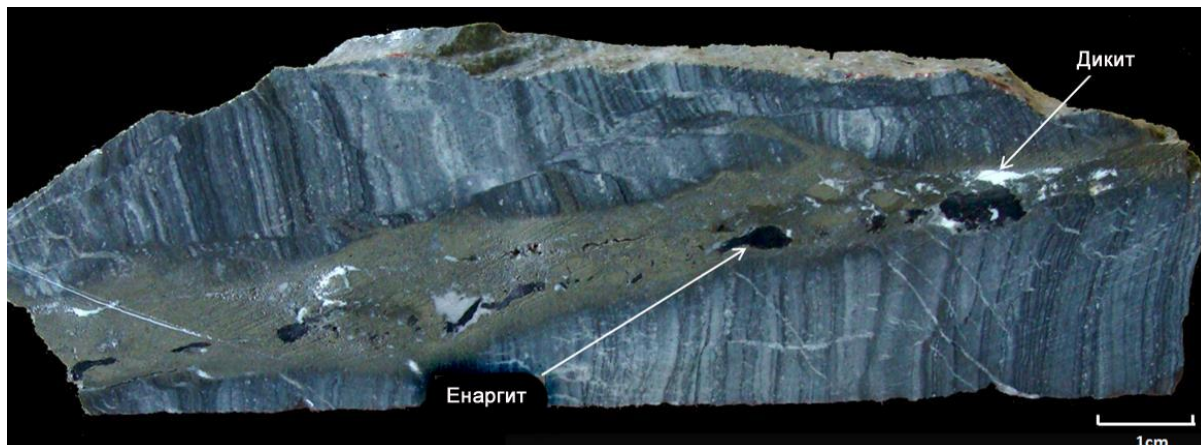
Штокверкно-импрегнационата минерализација (сл. 19) најчесто е лоцирана во пределите на Златица и тоа до длабочина од околу 300m. Од минерали доминираат пирит и халкопирит во жилички и импрегнации во вулкански хидротермално изменети карпи. Импрегнационата минерализација е концентрирана околу пукнатинските системи. Овој вид на минерализација најверојатно е поврзан со длабок порфирски шток, кој можеби служел како топлински мотор за минерализација на системот.



Слика 19. Штокверкно оруднување

Figure 19. Stockwork mineralization

Енаргитски жици со злато (сл. 20) се лоцирани најмногу во пределот на старите подземни работи на Златица. Се карактеризира со кварц-пирит-енаргитски жици. Најверојатно овие жици биле предмет на историските ископувања на Плавица. Присуството на злато во овие жици е значајно.



Слика 20. Енаргитска жица во јадро од Плавица

Figure 20. Enargite vein in Plavica core

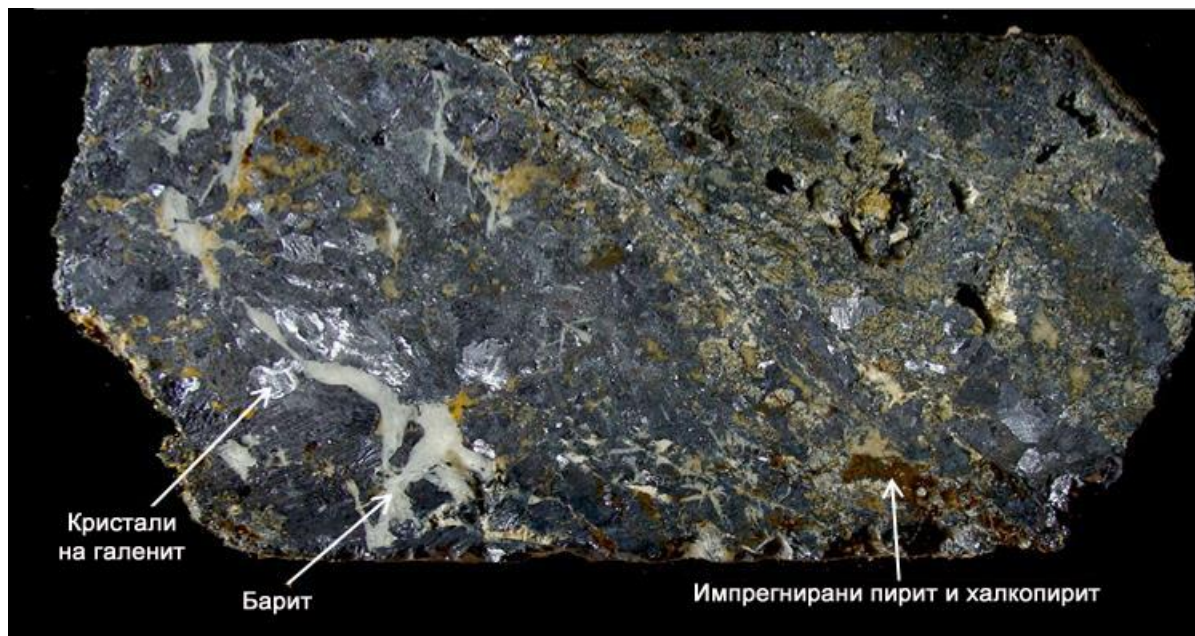
Златото поврзано со областите каде што е шупликавиот силициум, е карактеристична одлика на епитермалните системи на висока сулфидизација и овие се наоѓаат на силификуваните гребени на Плавица. Златото е импрегнирано во шупликовата силиција која се протега дури до 150m длабочина во рамките на стрмните структури (сл. 21).



Слика 21. Шупликав силициум со минерализација на злато

Figure 21. Vuggy silica with gold mineralization

На маргините на Плавица доминираат олово-цинковите жици (сл. 22) и се забележливи галенит и сфалерит во пукнатини и импрегнации. Во централниот дел може да се забележат мали жилички на Pb-Zn. Во рудникот Добрево е констатирано дека и овие жици содржат минимални количини на злато.



Слика 22. Присуството на галенит може да значи и присуство на сребро. Со изложувањето во оксидационата зона галенитот преминува во англезит (оловен сулфат) или церузит (оловен карбонат)

Figure 22. The presence of galena can mean presence of silver. With leaching in oxidation zone, galena turns into anglesite (lead sulfate) or cerusite (lead carbonate)

Минерализацијата на Плавица е карактеризирана како минерализација на висока сулфидизација примарно врз основа на присуството на шупликавата силиција, Cu-Au Минерализацијата асоцирана со енаргитските жици.

VI. 2. Минерален состав и парагенетски односи

Податоците за минералниот состав и рудните парагенези во наоѓалиштето Плавица-Златица, се среќаваат уште во работите на *Cissarz und Rakić* (1956), потоа кај Јанковиќ (1967), Пантиќ и др. (1972), Иванов и Денковски (1978), Зариќ (1982) и др. Сепак треба да се истакне дека најцелосно за сега минералниот состав и парагенетските односи во оваа наоѓалиште се проучени од страна на Иванов и Денковски (1978-1984), а со поновите

рудномикроскопски испитувања и испитувањата на електронска микросонда (Серафимовски, 1993) и микроскопски испитувања се извршени во самата фаза на деталните геолошки истражувања на локалноста Плавица од страна на Серафимовски и Тасев (2013; 2014) даден е прилог кон проширување на и онака обемиот минерален состав и расветлување на поедините особености поврзани за хемискиот состав и начинот на појавување на позначајните рудни минерали (селигманит, лузонит, фаматинит, пецит, богдановит, безсмртновит, силванит, пирсеит, билибинскиот и др.). Рудно-минералошките анализи укажаа на комплексна минерална асоцијација во наоѓалиштето Плавица. Имено, на Плавица се откриени минерални парагенези на бакар и полиметалични оруднувања. Бакарната минерализација настапува во широк температурен дијапазон во хидротермално подрачје. Покрај високотемпературните минерални асоцијации на минерали како што се халкопиротин халкопирит, пирит, пиротин, магнетит, хематит, молибденит, мартит, сфалерит, сидерит, преку среднотемпературните богати асоцијации на енаргит, тетраедрит, тенантит, клеофан, галенит па се до нискотемпературните неправилни натрупувања на различни халкозини, ковелин и барит. Халкопиритот најчесто настапува во неколку генерации. Во високотемпературни парагенези оди со пиритот, пиротинот, магнетитот и молибденитот. Кога настапува во полиметалични хидротермални асоцијации заедно со сфалеритот, галенитот, тетраедритот, тенантитот, гради жично-штокверкни творби. Со енаргитот гради импрегнациони творби, додека со нискотемпературните бакарни минерали халкозин и ковелин, гради типично штокверкни структури. (Ѓ. Денковски 1979).

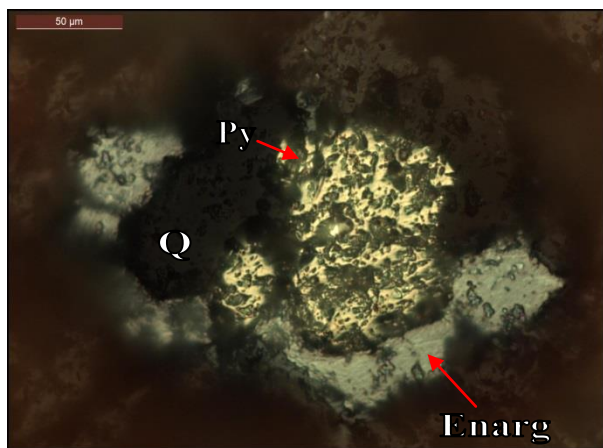
Минералогиската е комплексна и се претпоставува постоење на неколку парагенетски фази (Alderton & Serafimovski, 2007). Петрографските испитувања укажуваат на следните фази на минерализација:

- (i) Пиротин, пирит, халкопирит;
- (ii) Магнетит, рутил, хематит, шелит;
- (iii) Молибденит, халкопирит, пирит, сфалерит, самородно злато, тетраедрит, енаргит, борнит;
- (iv) Енаргит, борнит, халкозин, халкопирит, пирит, галенит, сфалерит, тетраедрит, тенантит, лузонит, селигманит, прустит;

(v) Од нерудните минерали како чести претставници во рудните парагенези се кварц, калцит, сидерит, олигонит, калцедон и др.

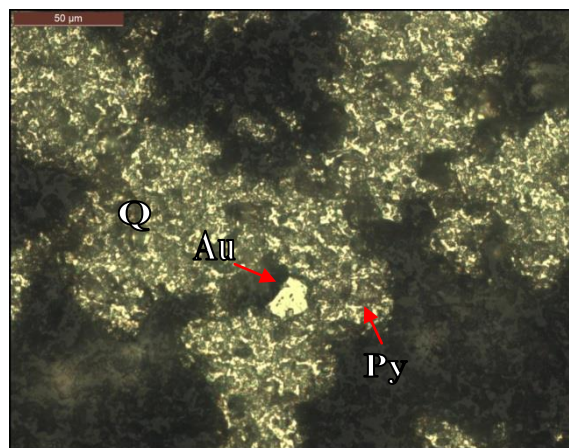
Некои од покарактеристичните рудни минерали описно и илустративно (микорофотографији) се дадени подолу (Серафимовски и Тасев, 2013,2014):

Најзастапен минерал е пиритот, кој се појавува уште во фазата на пропилизацијата, а подоцна во рамките на хидротермалниот стадиум се појавува скоро во сите рудоносни фази. Се јавува во неколку генерации и во сите типови на оруднување. Најчесто неправилно е импрегниран во хидротермално изменетите карпи, често оди заедно со халкопиритот кога ги исполнуваат пукнатинско-прожилчестите простори. Најинтензивно пиритот се појавува во масивните пиритски тела и во пиритско-енаргитските жици кај Златица (сл. 23, сл.24).



Слика 23. Микрофотографија на интензивно кородиран и реликтизиран кварц-пирит-енаргитски агрегат. Паралелни николи, 3г. x 400 II.

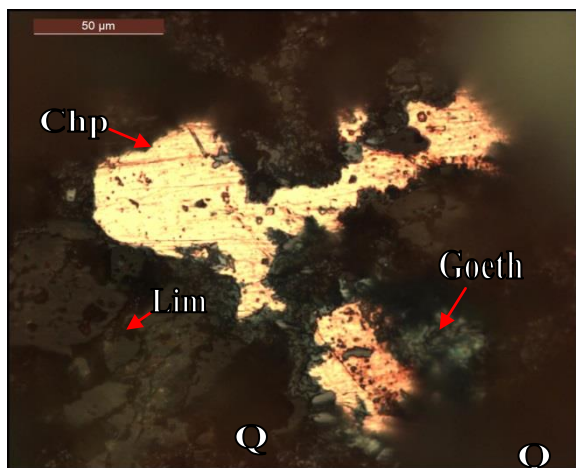
Figure 23. Microphotos of intensively corroded and relicited quartz-pyrite-enargite mineral. Parallel nicols 3g x 400 II.



Слика 24. Микрофотографија на крупно-плочест агрегат на самородно злато во реликтизирана пиритска основа. Паралелни николи, 3г. x 400 II.

Figure 24. Microphoto of coarse aggregate of native gold in relicited pyrite basis. Parallel nicols 3g x 400 II.

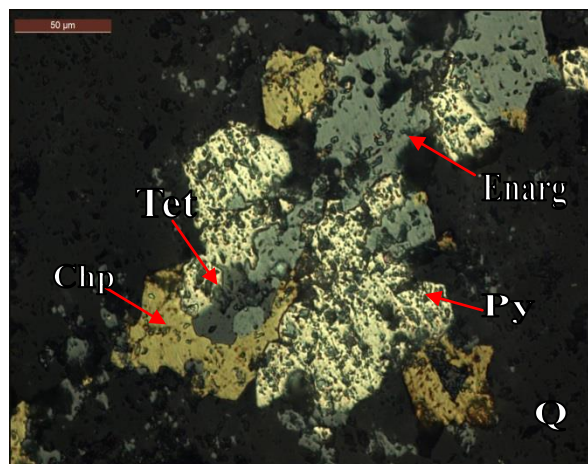
Во поедини делови од наоѓалиштето, најзначаен руден минерал за бакарните оруднувања е *халкопиритот*. Тој после пиритот е минерал со најизразен интензитет и екстензитет на појавување. Настапува во повеќе генерации, а најголемите количини се издвојуваат во рамките на главната сулфидна фаза (сл. 25). Со променлив интензитет се појавува во сите типови на оруднувања, но најзастапен е во рамките на штокверкните и штокверкно-импрегнационите. Најчесто оди заедно со пиритот, на места метасоматски го потиснува или во вид на реликти и идиоморфни кристали го вклопува во себе (сл. 26).



Слика 25. Микрофотографија на крупни масивни агрегати на халкопирит интензивно кородирани од кварц, гетит и лимонит.

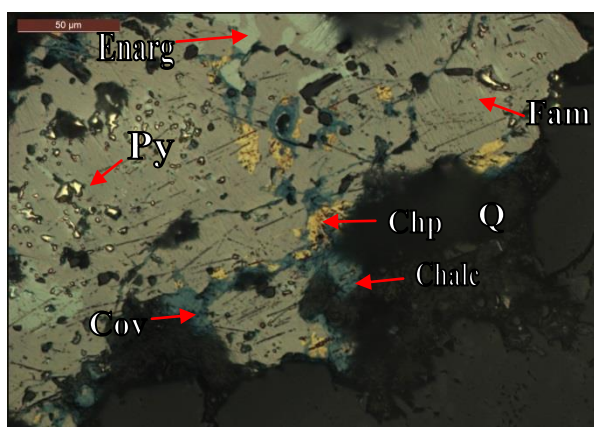
Паралелни николи, 3g. x 400 II.

Figure 25. Microphoto of coarse massive aggregates of chalcopyrite intensively corroded by quartz, goethite and limonite. Para n., 3g x 400 II.



Слика 26. Микрофотографија на комплексен, интензивно кородиран и реликтизиран пирит-тетраедрит-халкопирит-енаргитски агрегат. Пар. Нук., 3g. x 400 II.

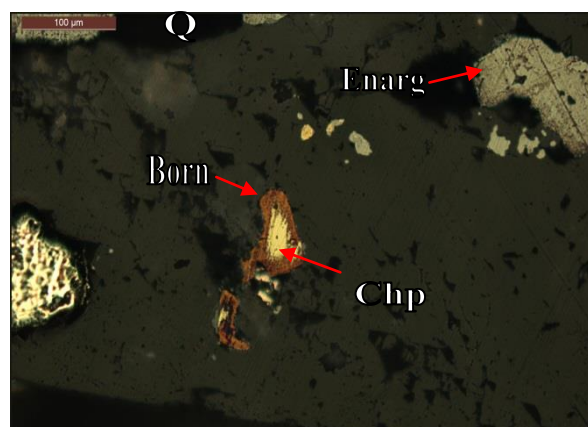
Figure 26. Microphoto of complex, intensively corroded and relicted pyrite-tetrahedrite-chalcopyrite-enargite aggregate. Parallel n., 3g x 400 II.



Слика 27. Микрофотографија на полифазен енаргит-фаматинит-пирит-халкопиритски агрегат интензивно кородиран во кој накнадно се развива халкозин и ковелин.

Паралелни николи, 3g. x 400 II.

Figure 27. Microphoto of multiphase enargite-phamatinite-pyrite-chalcopyrite aggregate intensively corroded where additionally chalcocite and covellite are developed. Parallel n., 3g x 400



Слика 28. Микрофотографија на карактеристични кантово-корозиони структури на халкопирит и борнит. Паралелни николи, 3g. x 200 II.

Figure 28. Microphoto of typical corroded structures of chalcopyrite and bornite. Parallel nicols, 3g x 400 II.

Честопати мирмекитски е сраснат со галенитот, енаргитот, тетраедритот, тенантитот, на места се видливи издвојувања на борнит во него, а доста често

метасоматски е потиснуван од тетраедрит и тенантит, или интензивно интестицијоно потиснуван од секундарен халкозин (сл. 27 и 28).

Од бакарните минерали со зголемен интензитет и екстензитет се појавуваат уште и енаргитот, борнитот, халкозинот, тетраедритот и тенантитот. Најинтензивно сепак е застапен енаргитот и тоа во рамките на жичните орудувања на подрачјето на Златица. Најчесто се појавува во вид на мономинерални прачкасти агрегати, често здружен со пиритот, покажува изразита ламеларна градба, а доста често ламеларно и интимно сраснува со лузонитот и селигманитот. Во својот состав вклопува реликти од пирит и импрегниран халкопирит. Во површински услови е распаднат и раздробен, а доста честа е појавата на негово преминување во зелен тенантит. Во бакарните рудни жици на Златица претставува основен минерал.

Галенитите и сфалеритите во поедини нивоа на наоѓалиштето, помеѓу 100 и 200 м, се појавуваат во една интересна асоцијација и доста едноставна парагенеза, која повеќето наликува на оловно-цинкова, нешто што ја карактеризира популарната жица бр. 10 од Злетовско-Плавичкото рудно поле. Имено, јасно воочливи се крупни, компактни, надворешно реликтизирани галенитски агрегати во заедница со пиритите, сфалеритите, тетратедритите, тенантитите и халкопиритите. На места тие одат како комплексни заедно со галенит, сфалерит и пирит, а на места галенит, халкопирит и сфалерит. Треба да се потенцира дека на повеќе места во наоѓалиштето галенитите настапуваат и во вид на индивидуални зрна, главно, расеани и импрегнирани во силифицираната карпеста маса. Сфалеритите се утврдени на повеќе места, главно, во крупните галенитски агрегати или мешовитите полиметални агрегати, а само на некои места се видени како индивидуални и на места со халкопиритите.

Утврдени се кварцно-енаргитски агрегати во кои се развиени борнити и ковелини, а во слични други такви агрегати покрај борнитите и ковелините е утврдено и присуство на халкопирит, а на некои други места на местото од борнитите се јавуваат лузонитите во таквите комплексни агрегати. На сите овие наведени примери се направени и микрофотографии кои се составен дел на овој текст.

Халкозините и ковелините најчесто се појавуваат со и околу енаргитите, а ова се однесува и на борнитите.

Халкозините се доста чести и асоцираат со ковелинот, пиритот, халкопиритот и енаргитот, главно, во комплексните кородирани реликтизирани агрегати, но честопати се среќаваат и во индивидуални зрнести агрегати, обично заедно со ковелин.

Во поглед на минерализацијата, за овој дел од истражуваното наоѓалиште Плавица, посебен куриозитет претставува златоносната минерализација која се јавува во најразлични морфолошки форми и просторна застапеност на самородното злато и Au-Ag-телуридите.

Во другиот случај тоа се индивидуални зрна и издолжени агрегати во кои златото покажува двојно правилна форма, која потсетува многу на полиедарско злато. Потоа златото се јавува во вид на луспести до црволики агрегати во рамките на лимонитско-гетитски основи (сл. 29, 30), но и во вид на расејувања на самородно злато во рамките на правилни кристали на кварц.



Слика 29. Микрофотографија на групиранио расеани луспести до црволики зрна и агрегати на самородно злато во лимонитско-гетитска основа. Паралелни николи, 3g. x 630 II.

Figure 29. Microphoto of grouped disseminated shell-alike and worm-alike grains and aggregates of native gold in limonite-goethite basis. Parallel nicols 3g x 630 II.



Слика 30. Микрофотографија со приказ на групирани зрна на самородно злато во по-крупен алотриоморфен гетитски агрегат. Паралелни николи, 3g. x 400 II.

Figure 30. Microphoto showing grouped grains of native gold in bigger goethite aggregate. Parallel nicols, 3g x 400 II.

На повеќе места во рамките на бречираните и силифицирани изменети карпи, во најголем дел лимонитизирани, а на повеќе места и со јасно видливи подоцнежни кварцни каверни се констатирани индивидуални зрна на

самородно злато и електрум (сл. 31). Станува збор за таканаречени црвени бречи кои и во макро облик се катаклазирани и јасно видливи лимонитизирани партии со прожилки и шуплинки од кварц. Всушност, во тие лимонитизирани партии се констатирани микронски зрна на злато. Во поедини делови на изменетите и бречирани вулкански карпи, на места каде што силификацијата е агресивна се утврдени и индивидуални хипидиоморфни зрна на самородно злато и пецит (сл. 32). Ваквата состојба не е многу честа, но сепак е констатирана.



Слика 31. Микрофотографија на индивидуално леќесто зрно на електрум во силикатно-лимонитска основа на контакт со кварцна каверна. Паралелни николи, 3г. x 400 II.

Figure 31. Microphoto of lens-shaped grain of electrum in silicate-limonite basis and contact with quartz cavern. Parallel nicols, 3g x 400 II.

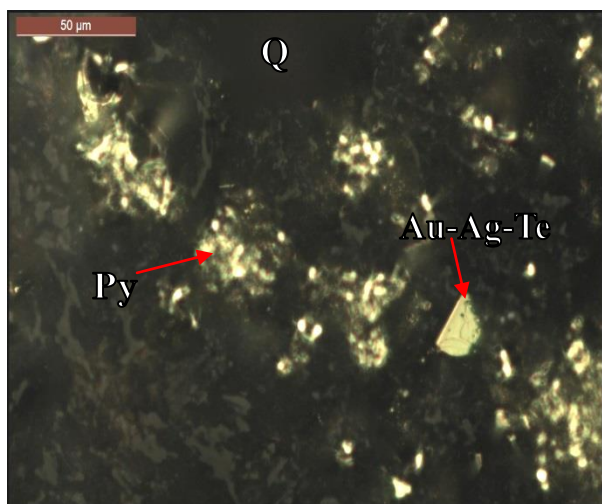


Слика 32. Микрофотографија на индивидуален компактен агрегат на пецит во силифицирана основа. Паралелни николи, 3г. x 400 II.

Figure 32. Microphoto of compact aggregate of petzite in silicified basis. Parallel nicols, 3g x 400 II.

Треба да се потенцира дека во серијата на различни морфолошки форми на појавување на златото, кое главно се наоѓа во силифицирана основа, постојат одредени специфики на неговото појавување. Имено, во поедини интензивно силифицирани делови каде се појавуваат и реликтизирани пирити на места се утврдени телуриди на злато и сребро (сл. 33), кои во себе содржат и зголемени концентрации и на арсен, што на таквите златоносни форми им даваат еден полиедарски морфолошки облик. Во слични такви средини, но овој пат директно во агресивно силифицираните партии се утврдени присуства на единечни зрна на самородно злато во форма на полумесечинка (сл. 34), или во рамките на зоните на интензивна силификација се формираат дополнителни идиоморфни кристали на кварц кои со себе носат злато. Исто така, во таквите

силифицирани партии понекогаш се појавуваат типични златоносни форми карактеристична жолта боја, кои обично се следени од расеани индивидуални микронски зрнца.



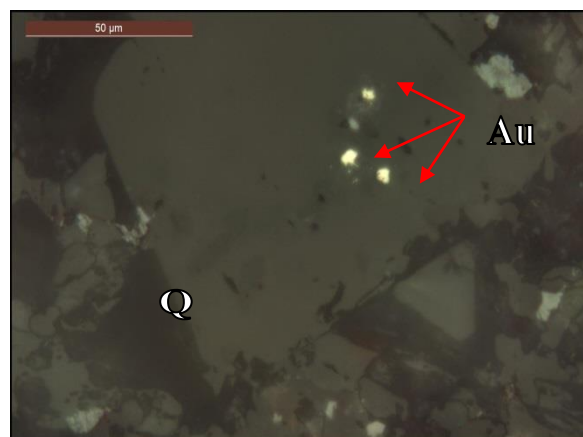
Слика 33. Микрофотографија на повеќефазен Au-Ag-телурид со веројатни примеси на арсен во кварцно-пиритска прожилка. Паралелни николи, 3g. x 400 II.
Figure 33. Microphoto of multiphase Au-Ag-telluride with impurities of arsenic in quartz-pyrite veinlet. Parallel nicols, 3g x 400 II.



Слика 34. Микрофотографија на единечно зрно на самородно злато во форма на полумесечина во силифицирана основа. Паралелни николи, 3g. x 400 II.
Figure 34. Microphoto of individual grain of native gold in shape of half-moon in silicified basis. Paralle nicols, 3g x 400 II.



Слика 35. Микрофотографија на разгранета друза на самородно злато и единечно зрно на злато во накладен кварцен кристал. Паралелни николи, 3g. x 630 II.
Figure 35. Microphoto of branched cluster of native gold and grain of gold in quartz crystal. Parallel nicols, 3g x 630 II.



Слика 36. Микрофотографија на ситни зрна на самородно злато во кристален кварц од бречкирана силикатно-лимонитска основа. Паралелни николи, 3g. x 630 II.
Figure 36. Microphoto of small grains of native gold in crystal quartz within brecciated silica-limonite basis. Parallel nicols, 3g x 630 II.

Куриозитет во рамките на утврденото злато претставуваат и дополнителни идиоморфни кристали на кварц чии пресеци се кристалографски правилни и во таквите кристали понекогаш се утврдени и по неколку зрна на злато (сл. 35, 36). Златото е особено разновидно по форма и големина. Генерално е микронско, меѓутоа имаме зрнца од неколку микрони па скоро до преку 50 μm . Куриозитет се и поедините карактеристични форми кои се појавуваат од единечни лушпи, преку карактеристични капковидни индивидуи, неправилни црволики до звездеформи, па се до карактеристични златоносни друзи (сл. 35).

Карактеристични микроморфолошки форми на издолжено црволики агрегати на самородно злато се среќаваат на повеќе места во рамките на силифицираните туфови и бречи, но на места тие се групирани со типични форми и со карактеристична жолта боја. На одредени места издолжените прачкасти агрегати на самородно злато се на работ од кварцно-лимонитските каверни, на места златото е во дружба со силванитот.

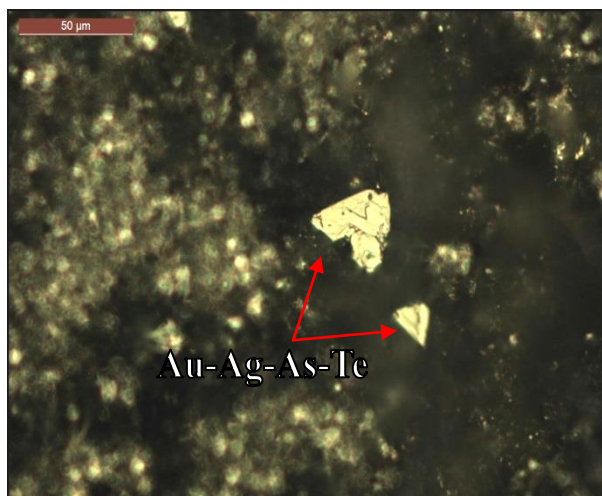
Интересно е дека во индивидуални зрна на самородно злато честопати се сретнуваат или во кварцните жили или во кварцните каверни, односно, на нивните рабни делови. Овде е вредно да се наведе дека тоа се индивидуални микронски зрна на самородно злато кои се појавуваат во типични капковидни форми кои обично ги карактеризираат тие повисоки зони на епитермалниот рудоносен систем.

На поедини места златото покажува крупни и убави агрегати кои се надвор од жиличките, но во силифицираните партии.

На повеќе места во наоѓалиштето е утврдено присуство на самородно злато во карактеристични двофазни и повеќефазни агрегати и идиоморфни форми (сл. 35). Ваков тип на самородно злато е карактеристичен за одредени полиметални фази со високо учество на арсен настанати во тие нискотемпературни епитермални подрачја и претежно поврзани за интензивни силификации на вулканските карпи или за карактеристичните секундарни кварцити. Овде се карактеристични и појавите на злато во убави крупни форми, но како реликти во примарни пиритски зрна на кои сега се останати само контурите (сл. 36).

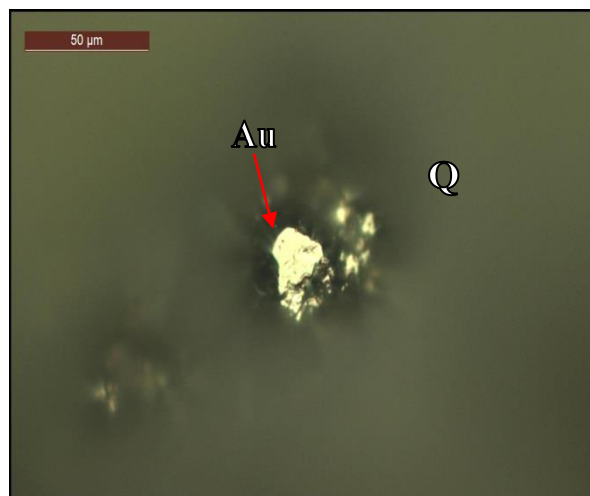
На одредени места во рамките на интензивно силифицираните вулканити се појавуваат и индивидуални убави зрна на силванит (сл. 38), или силванитот

е во асоцијација со покрупни агрегати на самородно злато кои на повеќе места се развиени во дополнителните идиоморфни кристали на кварц (сл. 37).



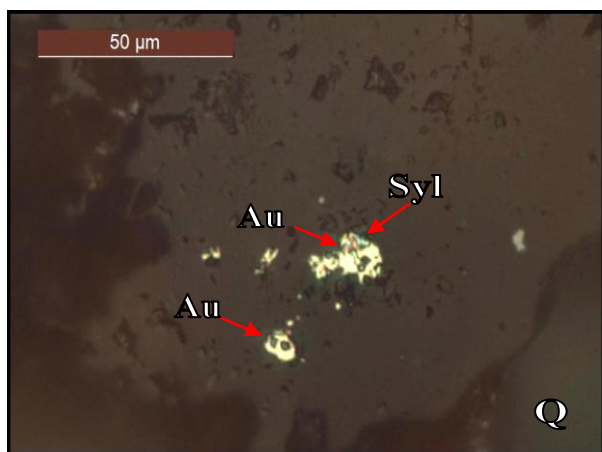
Слика 35. Микрофотографија на повеќефазни полиедарски агрегати на самородно злато со Au-Ag-As-телуриди во дополнителна силифицирана каверна. Паралелни николи, 3г. x 400 II.

Figure 35. Microphoto of multiphase aggregate of native gold with Au-Ag-As-telurides in silicified cavern. Parallel nicols, 3g x 400 II.



Слика 36. Микрофотографија на агрегат на самородно злато останат како реликт во идиоморфно примарно сулфидно зрно во кварцна основа. Паралелни николи, 3г. x 400 II.

Figure 36. Microphoto of aggregate of native gold as a relict in primary sulphide grain in quartz basis. Parallel nicols, 3g x 400 II.



Слика 37. Микрофотографија на групирани индивидуални зрна и зрнести агрегати на самородно злато и силванит во крупен идиоморфен кристал на кварц. Паралелни николи, 3г. x 400 II.

Figure 37. Microphoto of grouped grains and aggregates of native gold and silvanite in coarse quartz crystal. Parallel nicols, 3g x 400 II.



Слика 38. Микрофотографија на единечен агрегат на самородно злато-силванит во нагласено силифицирана и лимонитизирана средина. Паралелни николи, 3г. x 630 II.

Figure 38. Microphoto of individual aggregate of native gold-silvanite in silicified and limonitized environment. Parallel nicols, 3g x 630 II.

VII. 3Д МОДЕЛ

За изработка на 3Д модел на минерализацијата на Au и Cu на Пластица користен е софтверскиот пакет Таргет (*Target*) развиен за потребите на Арц ГИС (*ArcGIS*) системот. Со помош на овој пакет може да се изработат дупнатините, површинскиот терен, минерализацијата и други податоци во интерактивна 3Д средина. Таргет 3Д (*Target 3D*) овозможува тридимензионален поглед на податоците. Дупнатините се прикажани во реална 3Д местоположба при што низ нивната должина е овозможено да се прикажат два различни видови податоци, како што се на пример хемиските содржини, геолошкиот состав, алтерациите и др. Исто така директно може да се прикаже и координатниот систем.

Може да се каже дека овој модел на Пластица е обемен по содржина и релативно детален кога се однесува на материјалите користени за негова изработка. Не сметајќи ги геохемиските и геофизичките податоци, за изработка на овој модел се користени резултати од хемиски анализи од 195 дупнатини со вкупна должина од 47395,8 метри. Од нив, 74 се со дијамантско јадрување и должина од 23908 метри (просечна должина од 400m), а останатите 121 се со реверсна циркулација (РЦ) и вкупна должина од 23908,3 метри (просечна должина од 200m). Сите дупнатини се со различни азимут и агол на дупчење, но најголемиот дел од нив се со азимут на дупчење од 360° и агол на дупчење од -60°. Со оглед на тоа дека хемиските анализи се правени на секој метар, обработени се близу 50000 хемиски резултати за Au, Cu и Mo, респективно. При изработката на 3Д моделите на Au, Cu и Mo, користени се сите дупнатини изработени од компанијата Генезис во периодот од 2011-2013 година, вклучувајќи ги и негативните со цел да се добие што е можно пореална и порепрезентативна слика на 3Д моделот.

Првичната цел на овој труд беше изработка на 3Д модел на оруднувањата на злато и бакар во полиметаличното наоѓалиште Пластица. Со оглед на интензивните детални геолошки истражувања кои се одвиваат на Пластица, особено во последните неколку години, се јавува потреба од подобро разбирање на овој систем. Се разбира освен сите напори од страна на

геолошката служба на Генезис за подобро разбирање на структурите, геолошките карактеристики и контролите на минерализацијата, во 2014 година беше изработен и Елаборат за утврдување на геолошките резерви на бакар, злато и сребро на полиметаличното наоѓалиште Плавица, од страна на Катедрата за наоѓалишта на минерални сировини при Универзитетот „Гоце Делчев“ - Штип, а на чело со проф. Тодор Серафимовски. Понатаму, самата компанија Генезис поради фактот што е Австралиска компанија и има обврска кон австралиските закони и берза, врши напори за изработување на целата неопходна документација. Вклучувањето на голем број стручњаци како од Македонија, така и од светот, дава можности за подетална обработка и насочување на сите евалвации со цел отворање на рудник на Плавица. Се разбира, ова повлекува и создавање на огромна документација во насока на формирање, определување, и зголемување на геолошките резерви на злато и бакар. Во таа насока е и овој труд, да се добие уште еден, да речеме контролен елемент со цел, разбирање на минерализацијата на Плавица и пресметка на баран број на параметри.

Со изработката на 3Д моделот на Плавица на злато и бакар, се дојде со обемна обработка на сите расположливи податоци, нивно подесување и вкомпонирање во конкретниот софтвер. Со оглед на тоа дека станува збор за епитермално наоѓалиште на висока сулфидизација, а и според погоре наведеното, јасен е фактот дека овој систем зависи од еден друг, поголем, порфирски систем кој бил основа за создавање на ова наоѓалиште. Теоретски, под Плавица можат да постојат повеќе од еден порфирски систем, нешто што ако биде откриено и докажано рентабилно, ќе ги зголеми потенцијалите на овој регион. Во таа насока, и во функција на посветување на внимание на постоење на поголемо порфирско тело под површината, се следи и состојбата со присуството на молибденот во системот. Затоа, имајќи ги сите потребни податоци, а и после извршените подесувања, многу лесно беше да се изработи и 3Д модел на молибден.

VII. 1. Проблематика при утврдување на методите на истражување

При истражувањето на минерални сировини, се доаѓа до многу различни видови на податоци. Тие податоци може да бидат топографски и геолошки

карти, сателитски снимки, геохемиски и геофизички нумерички податоци, резултати од хемиски анализи, а сето тоа добиено во различни формати. Се разбира, со помош на ГИС софтверот, овие податоци можат да се соберат и испроцесираат при што ќе се добие бараниот ефект, односно резултат.

Во случајот со епитермалното наоѓалиште на висока сулфидизација Плавица, потребно е да се направи синтеза на обемните повеќе фазни истражувања, но со главен фокус на геохемиските и геофизичките истражувања, кои пак даваат конкретни насоки за продолжување со главната фаза на истражувањата, односно, истражните дупчења. Со успешно позиционирани истражни дупчења се добива успешна програма која дава огромна сума на податоци од хемиските анализи направени на материјалот од дупчењето. Обработката на тие податоци на крајот го дава бараниот производ, односно 3Д моделот на Плавица за Au, Cu и Mo.

VII. 2. Намената на ГИС во изработка на 3Д модел на Плавица

Главната цел на овој проект е да покаже дека со помош на ГИС технологијата може да се изработи сосема валиден 3Д модел на наоѓалиштето Плавица, а со тоа и да се помогне во разбирањето на комплексните геолошки, геотектонски и хидротермални услови во истражуваното подрачје. Се разбира, да се добие и увид на содржините на злато и бакар во наоѓалиштето кои од друга страна би биле и обид за контрола на класичните методи за утврдување на геолошките резерви на Плавица. Дополнително, да се добие што е можно пореална слика за прераспределбата на минерализацијата и концентрациите на Au и Cu и да се утврдат границите на наоѓалиштето, како и да се дадат насоки за идните истражувања. И на крај да се добие една визуелизација за присуството и начинот на присуството на молибденот во системот.

VII. 3. Основи на ГИС

ГИС се однесува на просторните податоци и на нивната анализа во рамките на алатките што се достапни во ГИС софтверските пакети. Софтверските пакети за ГИС нудат корисна и повеќеенаменска платформа за просторни податоци и нивна анализа. Тие се интегрирани прибори за внесување, складирање, управување, преземање, манипулирање, анализирање, моделирање, изнесување и прикажување на просторни податоци, што

користењето ГИС софтвер го прави попривлечно од традиционалните техники во широк спектар примени (*Delaney and Van Niel, 1999*).

Географските информации системи постојат уште од 1960-те години, иако техниките за просторна анализа што се користат во рамките на ГИС се многу постари и потекнуваат од повеќе области поврзани со географијата, математиката, урбанистичкото и регионалното планирање, геоморфологијата и науките за околината. Популарноста на ГИС програмите беше на ниско ниво поради трошоците и стручноста што се потребни за оформување систем. Користењето на ГИС драстично порасна во 1980-те години и оттогаш постојано се шири. Ова се препишува на повеќе фактори меѓу кои се:

Намалување на цените на компјутерите, ГИС софтверот и претходно собраните податоци.

Софтвер што е полесен за користење.

Согледување на потенцијалната корист од просторните податоци и од нивната анализа.

Сè поголема достапност на просторните податоци во дигитален формат

Појавата на програми за ГИС-образование и обука со што се формира работна сила оспособена за ГИС.

Развојот и експанзијата на комплементарните технологии како што се далечинските сензори и глобалните системи за определување местоположба.

Потребата за донесување одлуки за просторот на понаучен и отчетен начин.

Дефинициите за ГИС варираат од високостручни до упростени, од функционални до апстрактни. Една од дефинициите гласи: ГИС претставува институционален субјект што одразува организациска структура што интегрира технологија со база на податоци, стручност и постојана финансиска поддршка (*Carter, 1989*), а освен тоа е и моќен инструментариум за собирање, складирање, преземање, преобразување и прикажување просторни податоци од реалниот свет за одредени намени (*Burrough, 1986*).

Прелиминарна дефиниција која на некој начин се зема како точна е онаа на *David Rhind*, кој го дефинирал ГИС како: „Компјутерски систем за собирање,

проверка, употреба и анализа на информации поврзани со површината на Земјата“. Оваа дефиниција укажува дека предмет на ГИС е површината на Земјата. Иако ова не е апсолутна потреба, мнозинството на ГИС апликации навистина се „справуваат“ со делови од Земјата. Освен тоа, изјавата дека ГИС се употребува да собира, проверува, употребува и анализира информација нумерира голем број на потребни групи на операции за кој било ГИС. Предложени се многу дополнителни дефиниции за ГИС. Некои ја прикажуваат цврстата поврзаност помеѓу рачните и компјутерските методи на анализа на мапи (Aronoff, 1989; Dickinson and Calkins, 1988; Star and Estes, 1990). Повеќето други дефиниции експлицитно тврдат дека помеѓу примарните цели на ГИС е неговата намера да дејствува како алатка за анализирање на податоците за Земјата. (Некои примери се Aronoff 1989; Cowen, 1988; Dueker, 1979; Koshkarirov 1989; Parker, 1988 and Smith, 1987).

VII. 4. Клучни компоненти на ГИС

Од системска гледна точка, главните компоненти на ГИС се софтвер, опрема (хардвер), податоци и корисници.

ГИС - софтверот содржи инструкции за компјутерот што се преточуваат во дејства. Постојат голем број на ГИС-пакети со различни цени, перформанси, компјутерски платформи и едноставност за употреба. Се повеќе овие пакети стануваат збирки на модули што овозможуваат купувачот точно да ги избере оние можности што се потребни за истражувањето или за работата.

Опремата (хардверот) е апаратурата што ја користи софтверот, а се состои од компјутери и сродни уреди што се користат во ГИС, како што се печатари и скенери.

Податоците се „суровините“ за изработка на карти и на анализи кои се складираат посебно од софтверот.

Корисникот може да биде поединец или организација. Ова е дел од системот што ги раководи одлуките и дејствувањата. За да се добијат соодветни одговори од ГИС, корисникот би требало да има познавања од областа на просторните податоци и на географските поими.

Функционалните елементи на ГИС се однесуваат на основните задачи. Овие елементи обезбедуваат **внесување податоци, складирање податоци,**

управување податоци, пристап до податоци, манипулирање податоци, анализа на податоци и прикажување податоци.

За внесување на податоци потребно е корисникот на ГИС да собере податоци од голем број различни извори. На пример, базата може да опфаќа податоци од топографски карти, сателитски снимки, теренски проучувања и др. ГИС ги складира податоците во дигитален формат.

Чувањето дигитални податоци е значително поефикасно во споредба со чувањето на оригиналните артикли (хартиени карти или документи). Методот на складирање би требало да биде сигурен и да зазема најмал можен простор во компјутерот. Значи ГИС нуди складирање што зазема малку физички простор и обично е сигурно и безбеден (*Delaney and Van Niel, 1999*).

Потребно е воведување практики за управување на податоците бидејќи ГИС-базите на податоци обично се големи. Управувањето на податоците може да опфати следење на движењето на податоците низ фазите на ГИС-моделирањето или анализата, обезбедување интегритет на податоците и надзор врз безбедноста на податоците. Соодветното управување на податоците значи дека пристапот и складирањето на податоците се ефикасни.

Можноста да се пристапи до податоците е од суштинско значење за соодветното функционирање на системот. Корисниците би требало да се во можност да дефинираат до кои податоци да пристапат и да го одредат начинот на кој тие ќе бидат извлечени. Иако ова се чини сложена задача за компјутерот, таа треба секогаш да биде едноставна за корисникот.

Манипулацијата на податоците и нивната конверзија им овозможуваат на корисниците на ГИС да ги менуваат податоците. Примери за ова се промената на проекцијата на некоја карта или ротирањето слика. Една од важните улоги на манипулацијата и конверзијата на податоците е осигурување дека податоците од различни извори се споредливи.

Анализата на податоци е функционалноста што ги разликува ГИС од системите за компјутерска картографија. Овој вид манипулација на податоци се врши за да се овозможи нов и поинаков вид во податоците и да се генерираат нови информации и секундарни податоци. Моделирањето во основа е комбинација на повеќе различни чекори на анализа и оваа функционалност доведе до тоа ГИС да се опишува како интелигентна компјутерска

картографија. Важно е да се има на ум дека примарната интелигенција е кај корисникот, а не кај компјутерот.

Излезот на податоци кај ГИС овозможува податоците да се извлечат или да се изнесат за да се користат на друго место. Самиот формат на излезот може да биде во различни видови, од компјутерски фајл на диск, до анализа изнесена како табела. Функционалноста на излезот на податоци овозможува ГИС-корисниците да ги користат податоците во други софтверски пакети, за печатење на хартија или за дигитално прикажување во соодветни плеери или читачи.

Прикажувањето на податоци е една форма на излез на податоци. Прикажувањето може да биде на екран, на печатач или на цртач (плотер). Прикажувањето на екран подразбира дека ГИС овозможува податоците да се гледаат во форма на карта, графикон или табела.

За изработка на целата документација за потребите на овој труд се користени софтверските пакети *ArcGIS* и *MapInfo*. Со примена на картографската метода е овозможено да се изврши подготовка, дигитализација или изработка на геолошки, геофизички и геохемиски карти во векторска форма. Веќе постоечките карти се геореференцирани и дигитализирани, а новите комплетно изработени. Направена е опсежна организација и формирање на базите на податоци од географските податоци, геолошките истражувања и хемиските анализи на наоѓалиштето Платина кои понатаму беа предмет при изработката на ГИС моделот. Се разбира статистичките методи имаа широка примена при формирањето на базата на податоци која е фундамент за 3Д моделот. Информатичките методи беа вклучени во процесот на примена на хардверската (на преносен компјутер со просечни перформанси и пристојна графичка картица) и софтверската опрема (*ArcGis*, *Target for ArcGis*, *MapInfo*). Со помош на оваа метода се воспоставени интеракциските врски помеѓу сите фактори како што се картографската и статистичката метода.

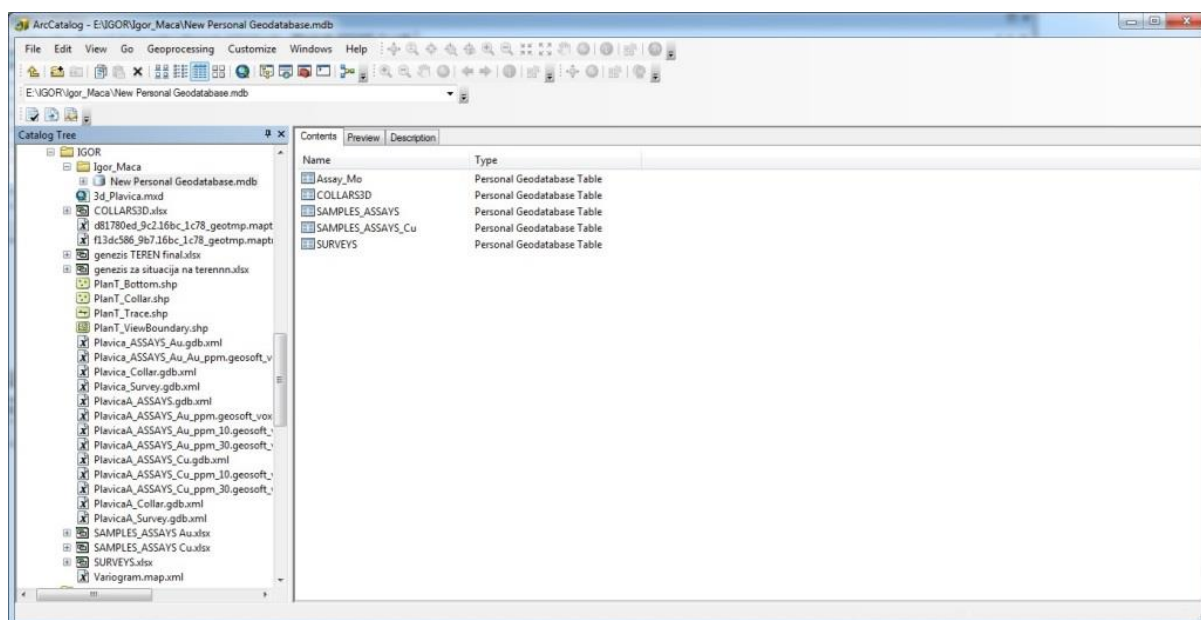
VII. 5. Одлики на *ArcGIS* ®Desktop

Изработката на 3Д моделите е извршена со *ArcGIS* ®Desktop и *Target for ArcGIS*.

ArcGIS ®Desktop е целосно опремен ГИС софтвер за визуелизација, управување и анализа на просторни податоци. Со помош на овој софтвер лесно може да се откријат односите и трендовите на податоците кои не се лесно видливи во базите на податоци, во табеларните пресметки или статистички пакети. *ArcGIS ®Desktop* овозможува да се управуваат и да се интегрираат податоците, да се вршат анализи, моделирање и да се прикажат резултатите соодветно. *ArcGIS ®Desktop* ги вклучува следните софтверски производи: *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcToolbox* и *Extensions*.

ArcCatalog е официјален „менаџер“ на *ArcGIS ®Desktop*. Тој го има изгледот на *Windows Explorer* и функционалност за ефикасно управување со просторните податоци. Кога се изработува каталогот се избираат податоците со кои сакаме да работиме. Тој може да препознае бројни просторни податоци и формати како *ArcInfo*, *ESRI shapefiles*, Гео-бази на податоци и *CAD* датотеки.

Базата на податоци за 3Д моделите содржи неколку типа на податоци: Просторни податоци и резултати од хемиските анализи на пробите земани од секој еден метар од истражните дупнатини; Просторни податоци за истражните дупнатини вклучувајќи и податоци за нивниот азимут, агол на дупчење и инклинометрија.

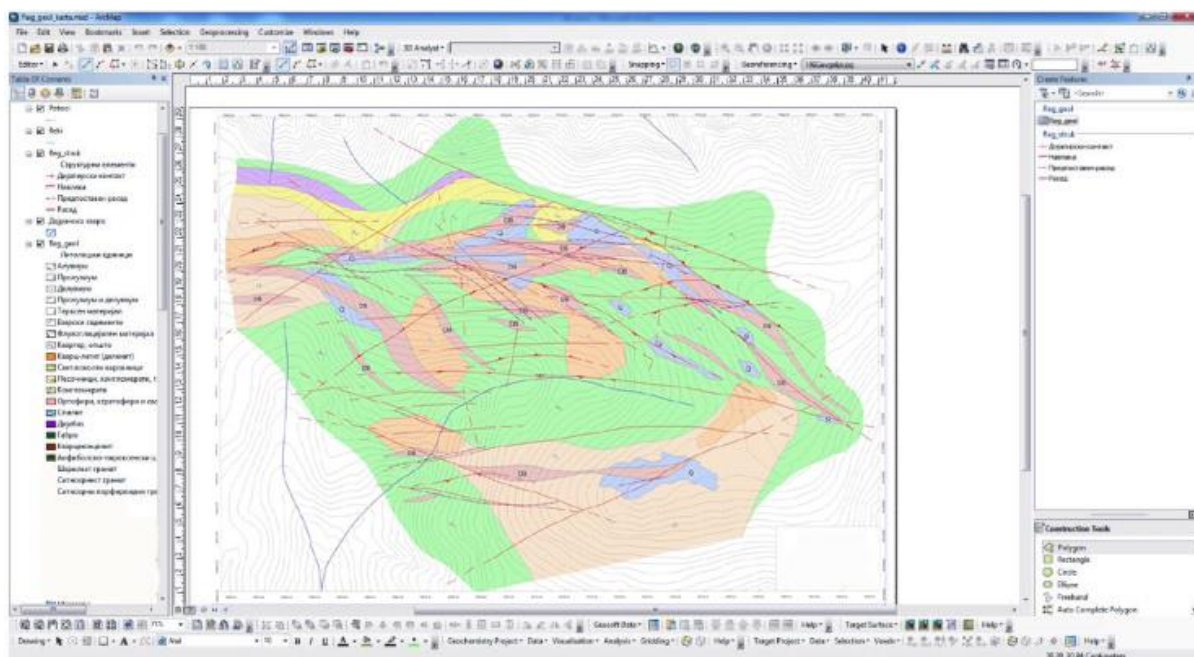


Слика 39. Изглед на прозорец на *ArcCatalog*

Figure 39. The appearance of window of the Arc Catalog

ArcMap е работна околина на *ArcGIS* пакетот на производи и го заменува *ArcView*. *ArcMap* е моќна алатка за прегледување, уредување и

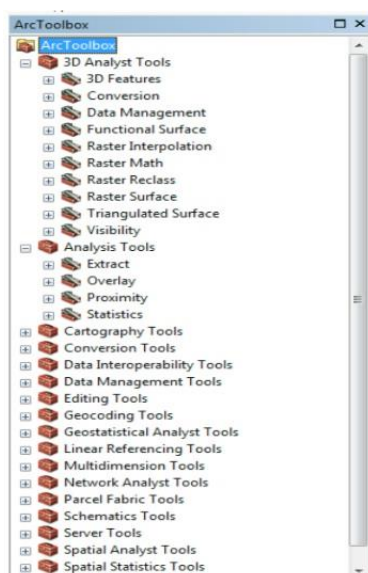
анализирање на просторните и атрибутните податоци и за создавање информација која е значајна за локацијата која се истражува.



Слика 40. Изглед на прозорец на ArcMap

Figure 40. The appearance of window of the ArcMap

ArcToolBox е пакет на алатки за анализа и обработка на просторните податоци како и на табеларни податоци. Оваа алатка може да ја користат и *ArcCatalog* и *ArcMap*. Од многубројните алатки, некои од нив се едноставни, а други сложени.



Слика 41. Изглед на прозорец на ArcToolBox

Figure 41. The appearance of window of the ArcToolBox

Target 3D for ArcGis е развиен со цел да се овозможи да се прикажат истражни дупнатини, површина на терен, и тридимензионални средини. Овој софтверски пакет овозможува тридимензионален поглед на податоците кои се обработуваат.

Target 3D овозможува интерактивно да се контролира транспарентноста на индивидуалните компоненти, овозможувајќи податоците да се прикажат кумулативно. Податоците како *MapInfo* табели и 2Д *dxf* фајлови може да се внесат директно во 3Д средината и да се црта на која било површина во тековниот 3Д поглед. (*Ligovski et. al., 2014*).

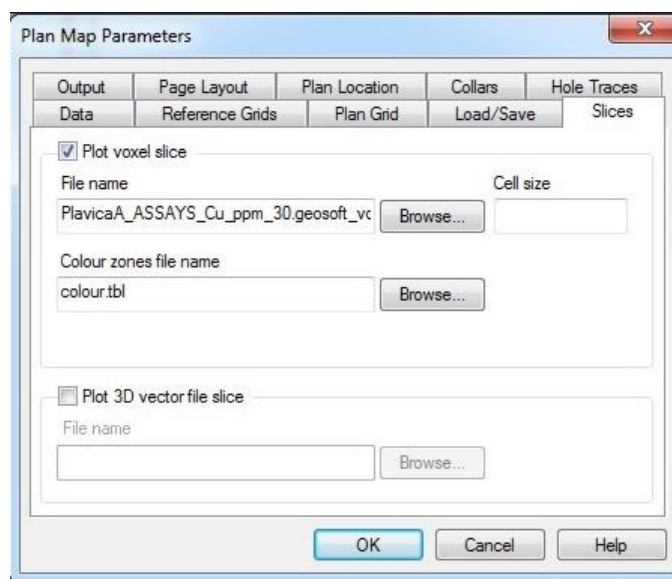
Овој систем автоматски го детектира видот на податоците кои се внесуваат вклучувајќи: локациите на истражните дупнатини заедно со нивните имиња, X (источната) координата, Y (северната) координата, релативната височина и вкупната должина на дупнатината, азимутот на дупчење, аголот на дупчење, инклинометриските отстапувања, каде сродните вредности треба да се претставени во исти мерни единици.

VII. 6. 3Д моделирање

Нумеричките податоци кои се добиени од лабораторијата се во електронски формат, при што за да се вметнат во системот, треба прво ексел фајлот да се намести според бараните поставки: Во првата колона да се наоѓаат податоците за која дупнатина станува збор (*HOLE ID*), во двете наредни се запишува од која до која длабочина се наоѓа конкретниот резултат (*FROM, TO*), и во наредната колона се запишуваат вредностите од хемиските анализи за конкретниот елемент (*ASSAY*). Овој фајл понатаму се импортира во *ArcGIS*.

Изработуваме посебни ексел фајлови за дупнатините, нивните називи, координати и длабочина. Исто така изработуваме посебен фајл со податоците од инклинометријата на истражните дупнатини.

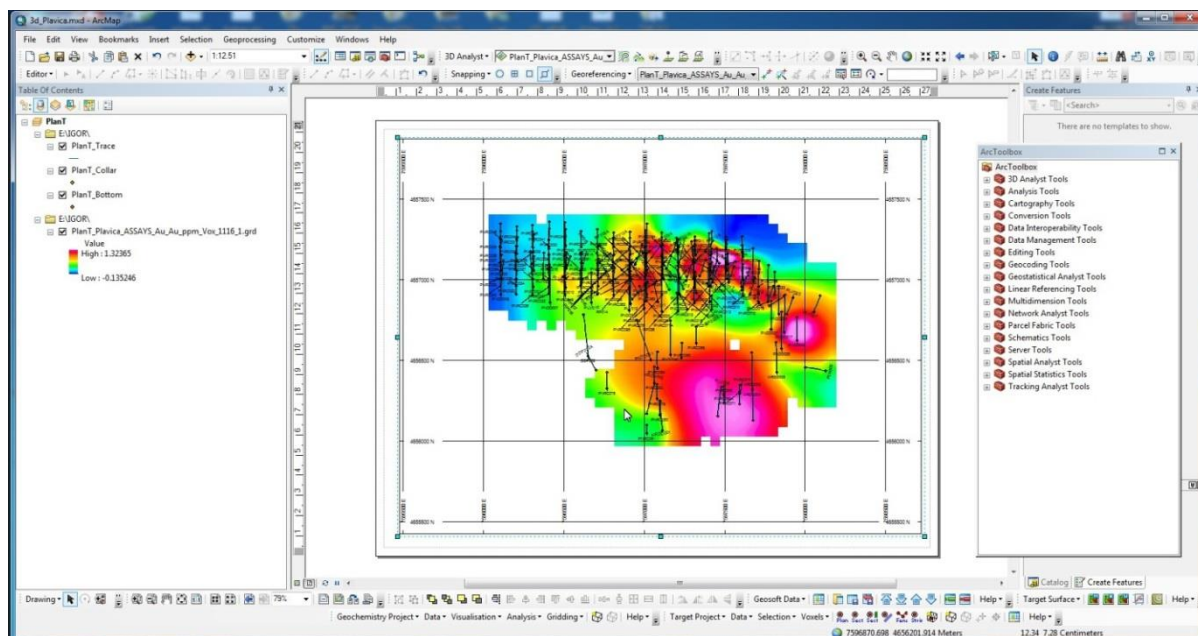
Со помош на *arctoolbox* (сл. 42) се прави уредување во *ArcGIS*. Се бира потребниот фајл, во нашиот случај имаме три такви, за бакар, злато и молибден).



Слика 42. Уредување во ArcGIS

Figure 42. Editing in ArcGIS

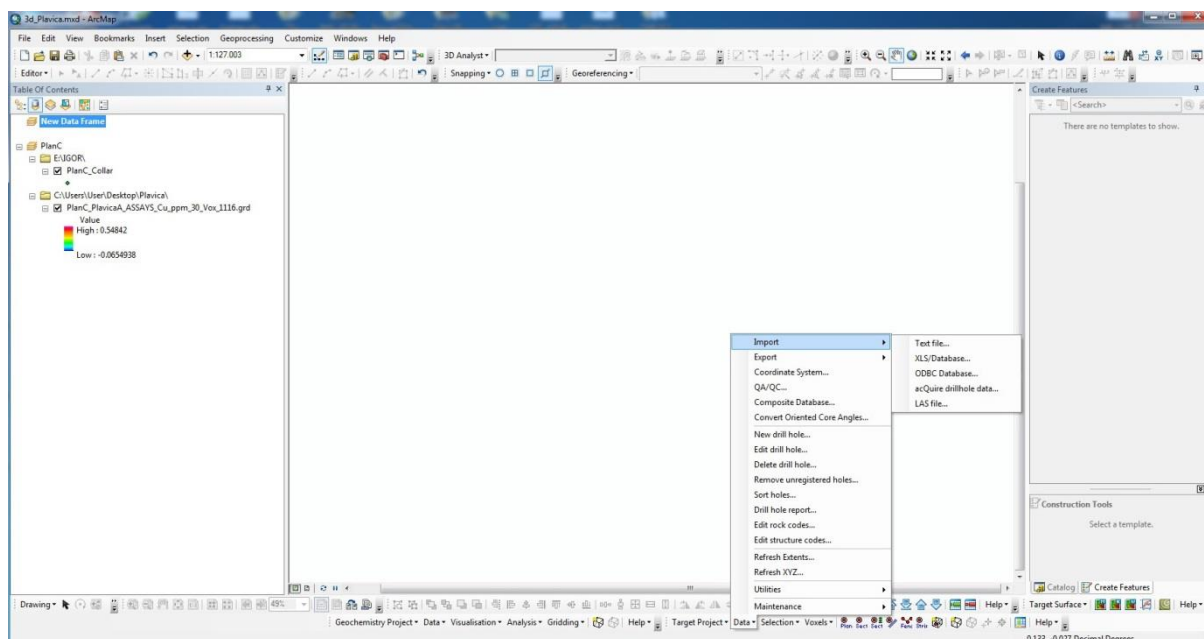
За да започнеме со *Target 3D* треба да го дефинираме подрачјето од проектот што е во нашиот интерес: *Target Drillhole>Hole Selection Tool dialog>* се селектира со *polygon tool* за да се дефинира површината околу дупнатините. Со тоа добиваме и еден генерален поглед на распореденоста на минерализацијата во системот (сл.43).



Слика 43 Поглед на картата во ArcMap

Figure 43 Map view in ArcMap

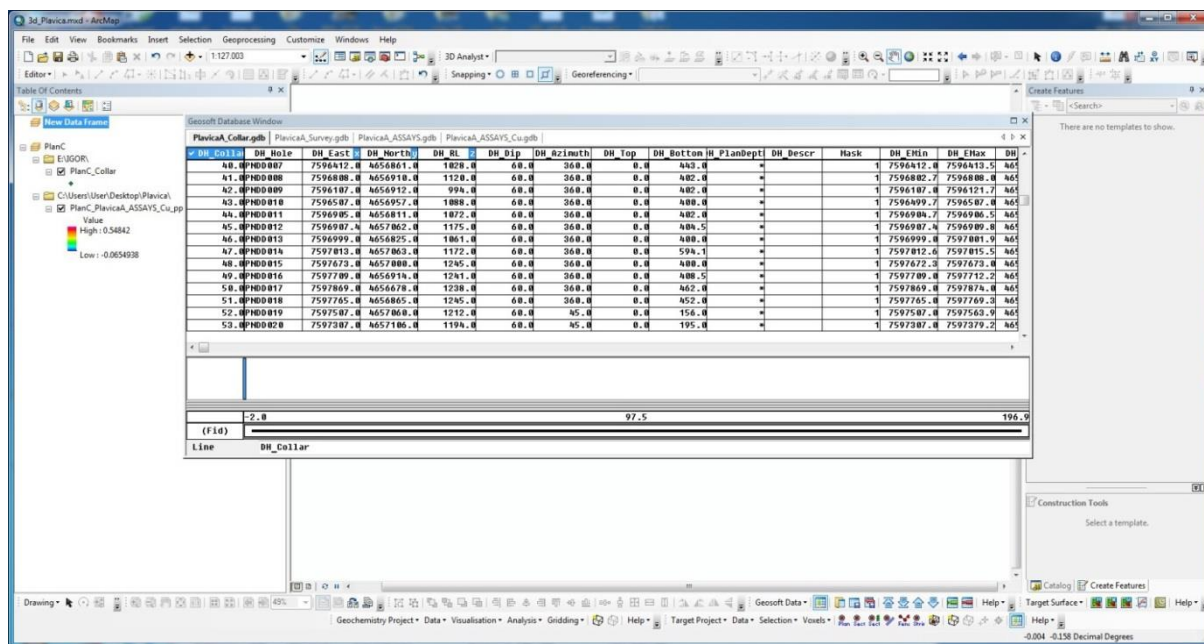
Потоа се внесуваат податоците од базата на податоци претходно подготвена во ексел фајлови. *Data>Import>XLS/database* (сл. 44).



Слика 44. Внес на податоци

Figure 44. Data import

Нареден чекор е внесување на базата на податоци од ArcGis во Таргет. На работната површина можеме да ги видиме сите потребни колони и да направиме проверка на тоа колку прецизно се внесени податоците (сл. 45).

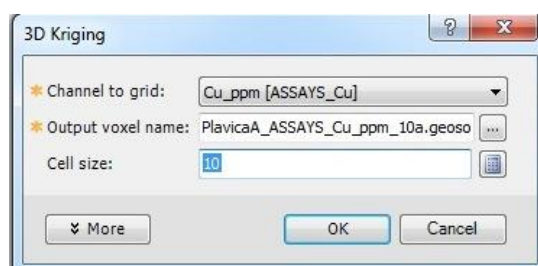
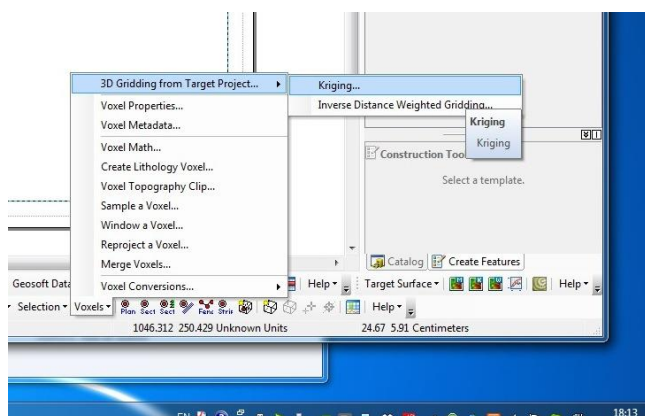


Слика 45. Поглед на базата на податоци при внесување во Таргет

Figure 45. Data base imported in Target

Следува подготовката на 3Д моделот со помош на *gridding* метода. Трите понудени методи во програмот се *Minumum curvature*, *Kriging*, и *TIN* техника. Во нашиот случај ние ќе ја користиме *kriging* методата при што ќе ја дефинираме дистрибуцијата на одреден елемент. Пресметката на минерализацијата е моделирана врз основа само на содржината на метал, со дефинирање на граничните содржини на метал во наоѓалиштето Плавица.

Оваа метода се користи најмногу во истражувањето на минерални резерви. (сл. 46) При тоа се врши и внесување на *cell size*. (сл. 47)

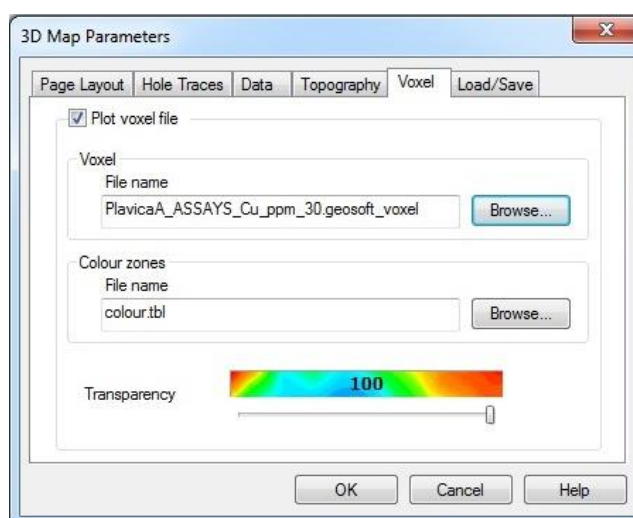


Слика 46 Одбирање на кригинг методата Слика 47. Одредување на ќелиите

Figure 46. Choosing kriging method

Figure 47. Choosing cell size

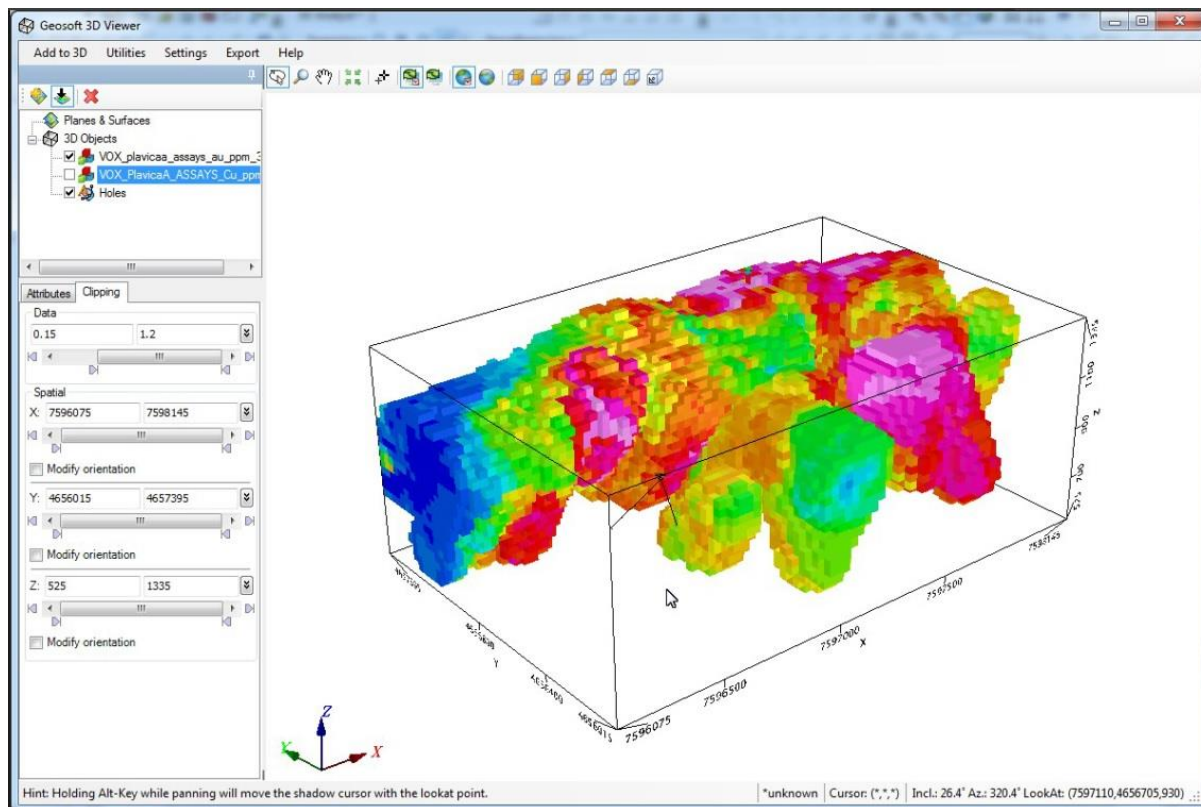
Нареден чекор е 3Д моделирање во *Target* каде се подесуваат 3Д параметрите во *Target explorer*. (сл. 48).



Слика 48. Одредување на параметрите

Figure 48. Setting the parameters

Со тоа веќе добиваме изглед на моделот што го бараме во *Geosoft 3D viewer*. Сепак ова е необработена ситуација каде што треба да се наместат дополнително сите посакувани параметри како што се содржините на Au, Cu, Mo, граничните вредности за истите, големината на ќелиите и сл. (сл. 49)

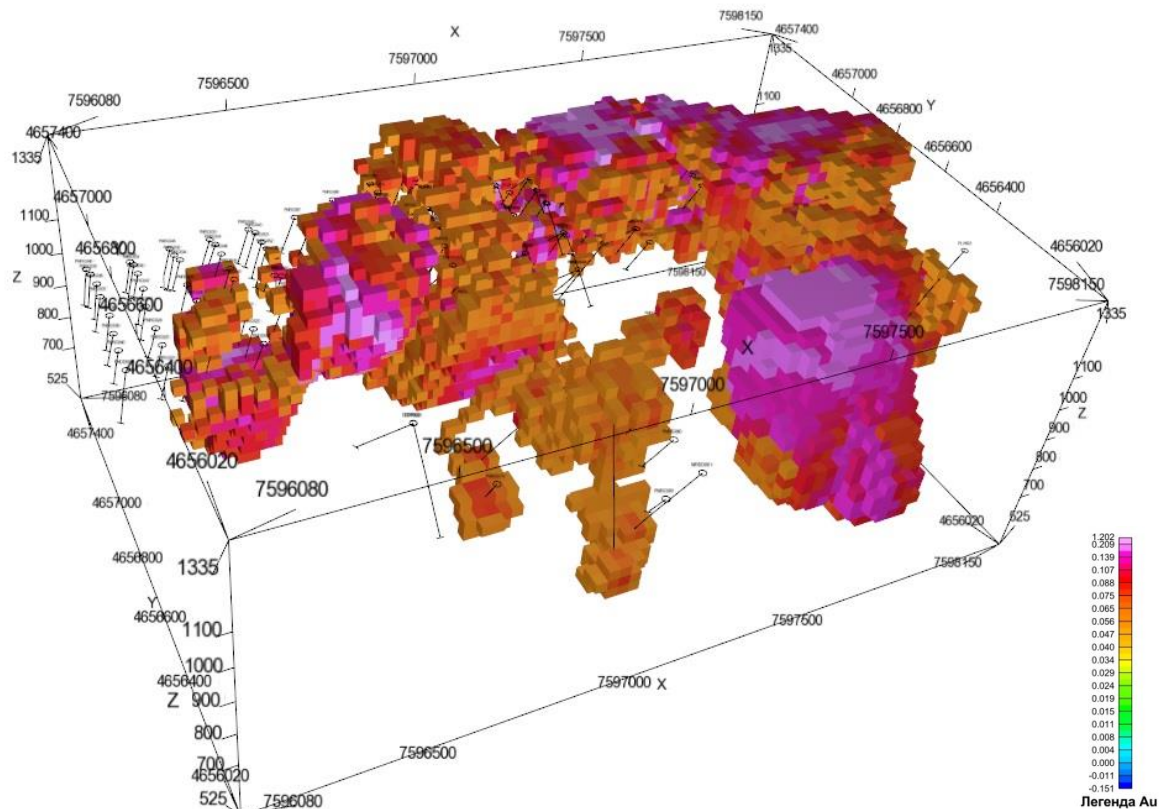


Слика 49. Необработен изглед на 3Д модел

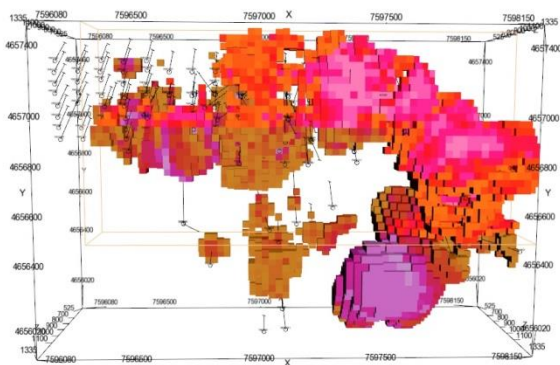
Figure 49. Raw image of the 3D model

После потребните подесувања го добиваме бараниот резултат. Блоковите се прикажани со големина, односно, резолуција од 30m. Нивната големина може да се подесува на најразлични димензии, сепак самата природа на наоѓалиштето и растојанието меѓу истражните работи диктираат да оваа опција е најрепрезентативна. Подолу следат погледи на 3Д моделите на Au, Cu и Mo.

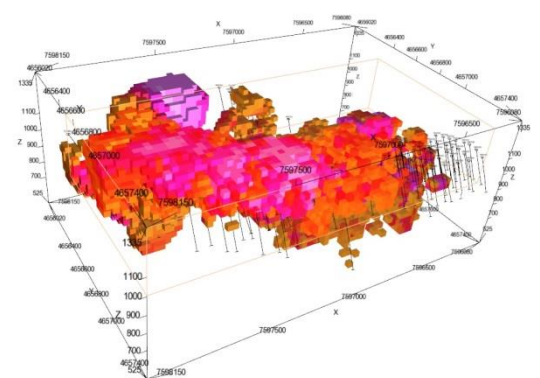
Кај 3Д моделот за злато користена е гранична вредност од 0,2 g/t, кај бакарот е користена гранична вредност од 0,1% и кај молибденот гранична вредност од 50 g/t.



Слика 50. 3Д модел на Au со поглед од ЈИ
Figure 50. Au 3D model with view from SE



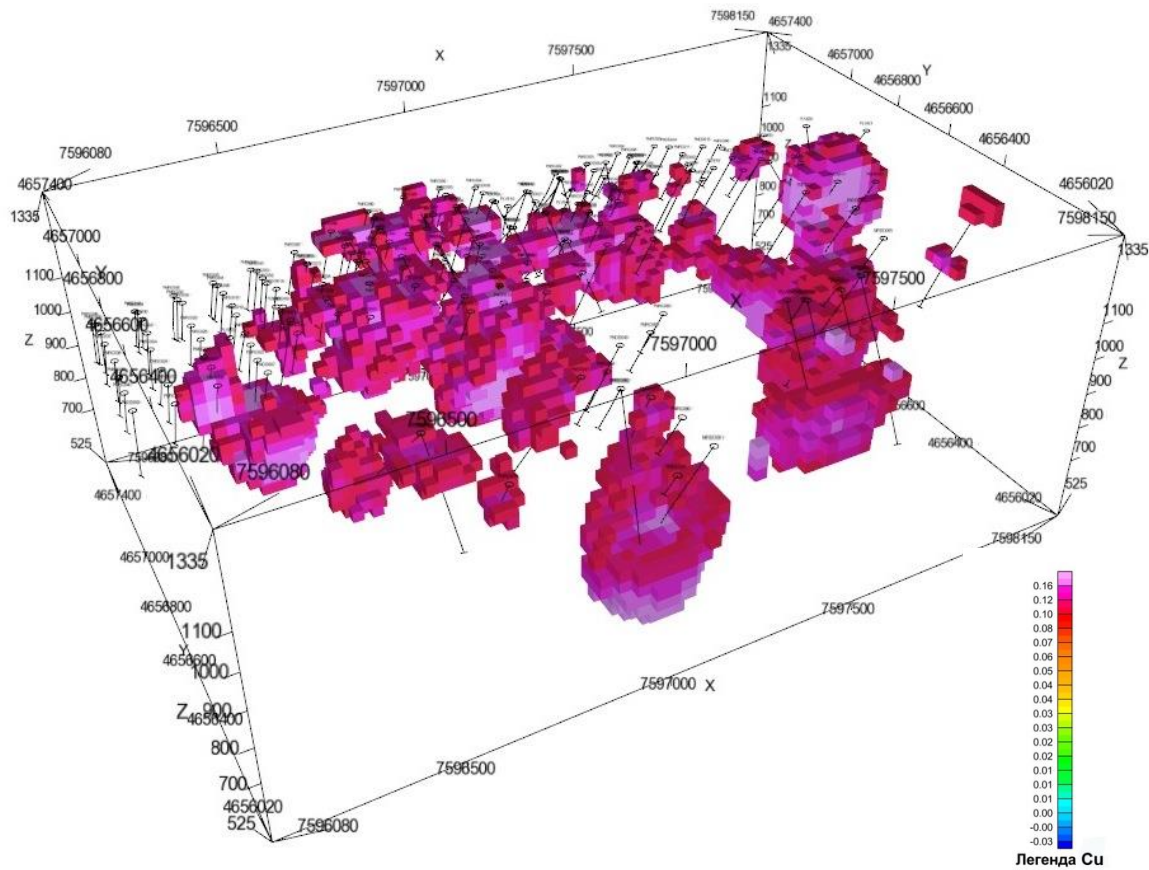
Слика 51 Птичја перспектива
Figure 51. Bird's eye view



Слика 52 Спротивна страна
Figure 52. Opposite view

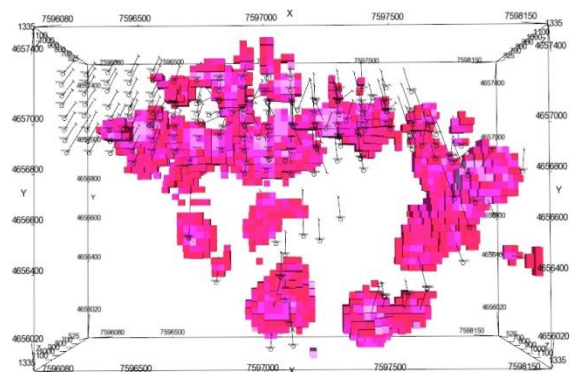
На овој 3Д модел на содржини на Au, се гледа особена концентрација на минерализацијата во СИ дел од наоѓалиштето, кое се поклопува идеално со контурите на рудното тело утврдено со Елаборатот (Серафимовски и др., 2014). Во западниот дел на наоѓалиштето исто така се воочува едно помало

рудно тело, особено во длабочина. Иако Маричански Рид не е густо истражен, сепак е воочлива неговата голема потенцијалност и дава насоки за негово понатамошно доистражување.



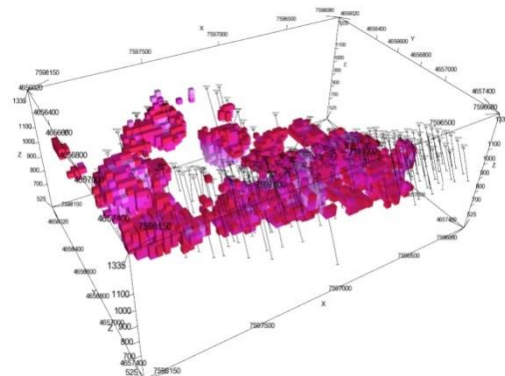
Слика 53. 3Д модел на Cu со поглед од ЈИ

Figure 53. Cu 3D model with view from SE



Слика 54 Птичја перспектива

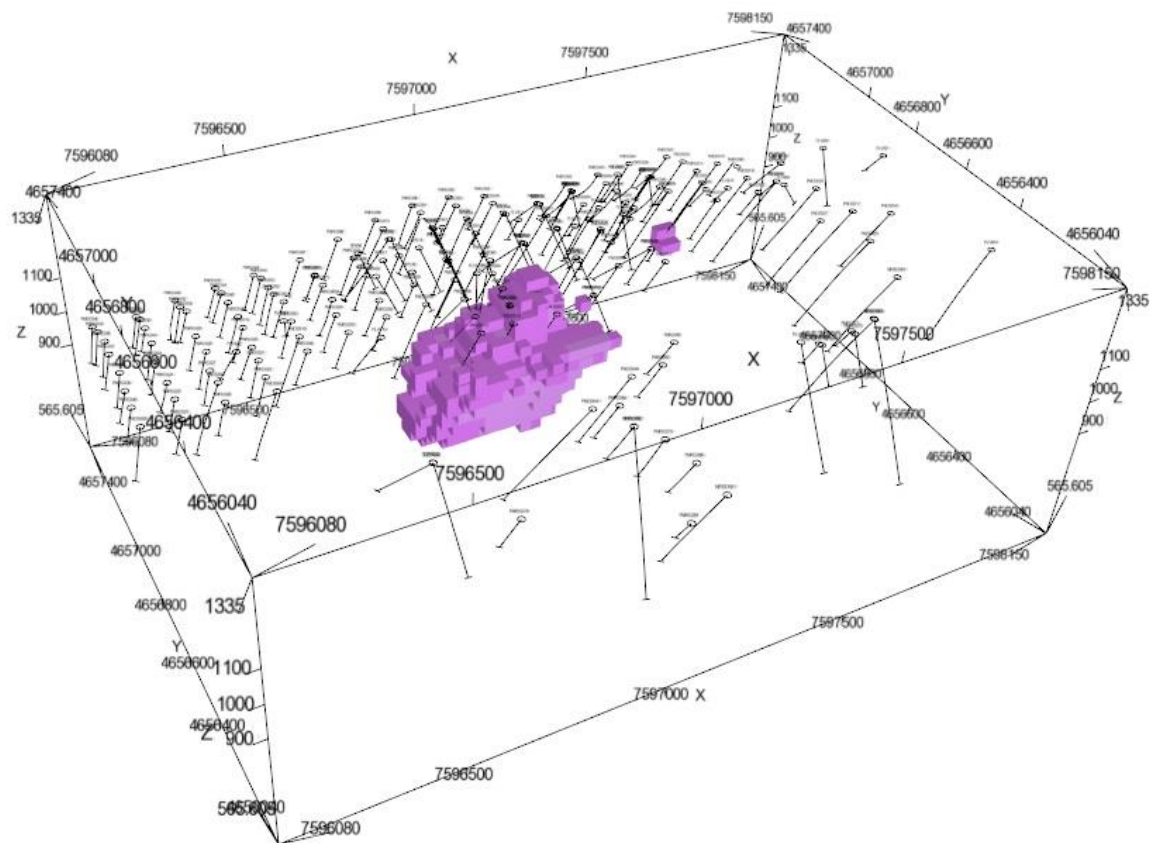
Figure 54. Bird's eye view



Слика 55 Спротивна страна

Figure 55. Opposite view

Од овој 3Д модел на Си, можеме да утврдиме дека бакарната минерализација не е поврзана со златоносната. Концентрациите, генерално укажуваат перспективност низ целото наоѓалиште каде што се изработени дупнатините, со негова поголема присутност во длабочина.



Слика 56. 3Д модел на молибден

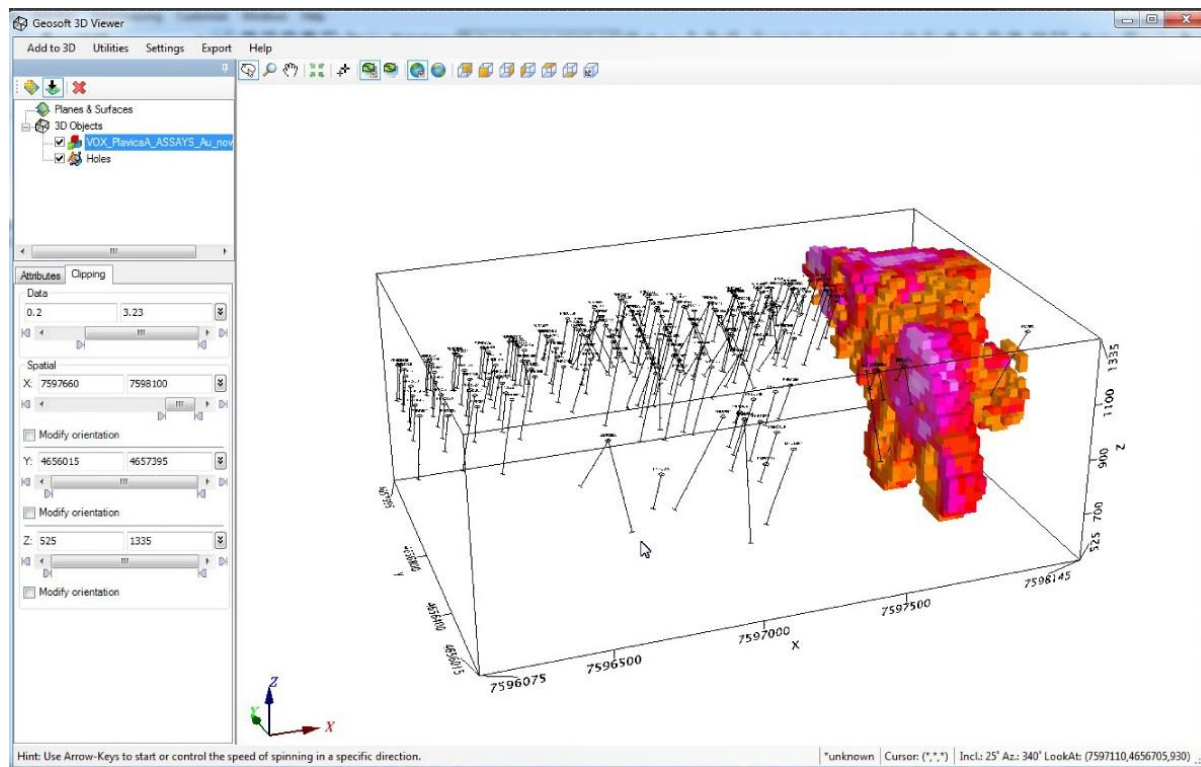
Figure 56. 3D model of Molybdenum

3Д моделот на Мо укажува на негова концентрација само во еден (средишен) дел од истражуваното подрачје во просторот помеѓу 7596750E 7597150E на длабочина од 1100 до 600 м. н. в.. Се разбира оваа перспективност иако е воочена уште при пристигнувањето на хемиските анализи, на овој начин многу лесно се воочува изолираноста на молибденот во тоа подрачје.

Со самото исцртување на 3Д моделите со овој програм се добиваат и пресметки за пресметката на волумените на тие тела и средната содржина на тие површини. На тој начин лесно се одредуваат геолошките резерви на саканиот метал. Сепак бидејќи Плавица моментално е под опсежни геолошки

истраги од страна на приватна компанија, во овој момент не сме во можност да ги презентираме овие бројки.

Дополнително на овие 3Д модели може да се изврши и поглед во внатрешноста на рудното тело со помош на профили. Овие профили можат да се позиционираат на било кој дел од теренот (сл. 57)

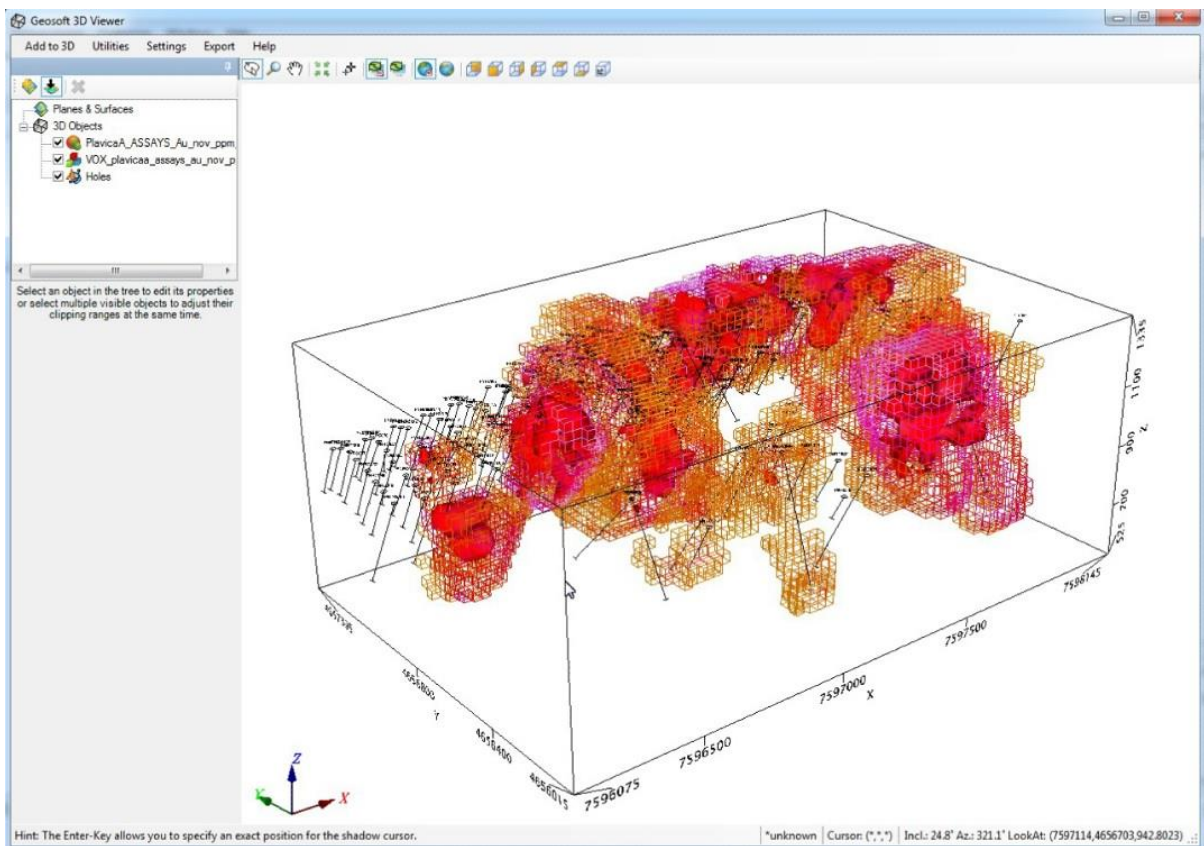


Слика 57. Поглед на рудното тело од ЈЗ на профил 7597660Е

Figure 57. Ore body view seen from SW at section 7597660E

На овој профил исто така се гледа перспективноста на веќе утврденото рудно тело, на неговиот краен СЗ дел и перспективноста на потенцијалното рудно тело на Маричански Рид.

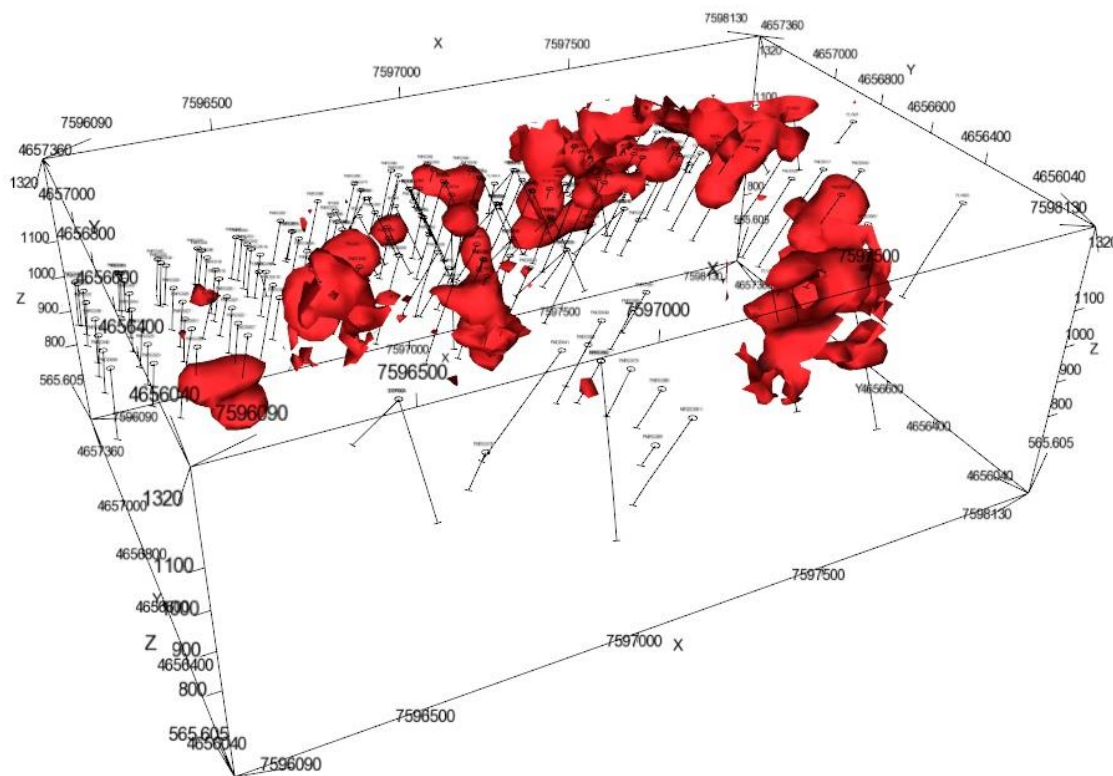
Еден од поинтересните моменти е користењето на опцијата за изработка на т.н. *solid* т.е. тврди, полни тела. За формирање на 3Д модели ние земаме поголеми гранични содржини на металите кои ги обработуваме, при што постои можност да се изработи комбинација на поглед на 3Д моделот со блокови и 3Д моделот со полна површина (сл. 58). За да ги видиме побогатите делови на наоѓалиштето ќе ја користиме оваа дополнителна метода за 3Д поглед која се вика *isosurface* со граничната вредност на блок моделот за злато од 0.2 g/t а за *isosurface* од 0.4 g/t. На слика 58 го гледаме блок моделот и полното тело (*solid*) со црвена боја за злато.



Слика 58. Поглед на 3Д модел на злато со блокови и гранична содржина од 0,2 g/t во кој се гледа 3Д модел на злато со полна тело (црвена боја) со гранична содржина на Au од 0,4g/t

Figure 58. 3D view of Au with blocks (0.2 g/t) and solids (red color, 0.4 g/t)

Со помош на овие модели може многу подобро да се има увид и во структурите кои се на локалноста, како и распореденоста на минерализацијата. Следуваат соодветните прикази на 3Д модели со полно тело на Au, со гранична вредност 0,4g/t, на Cu со гранична вредност 0.2%, и Mo со гранична вредност од и 100g/t.



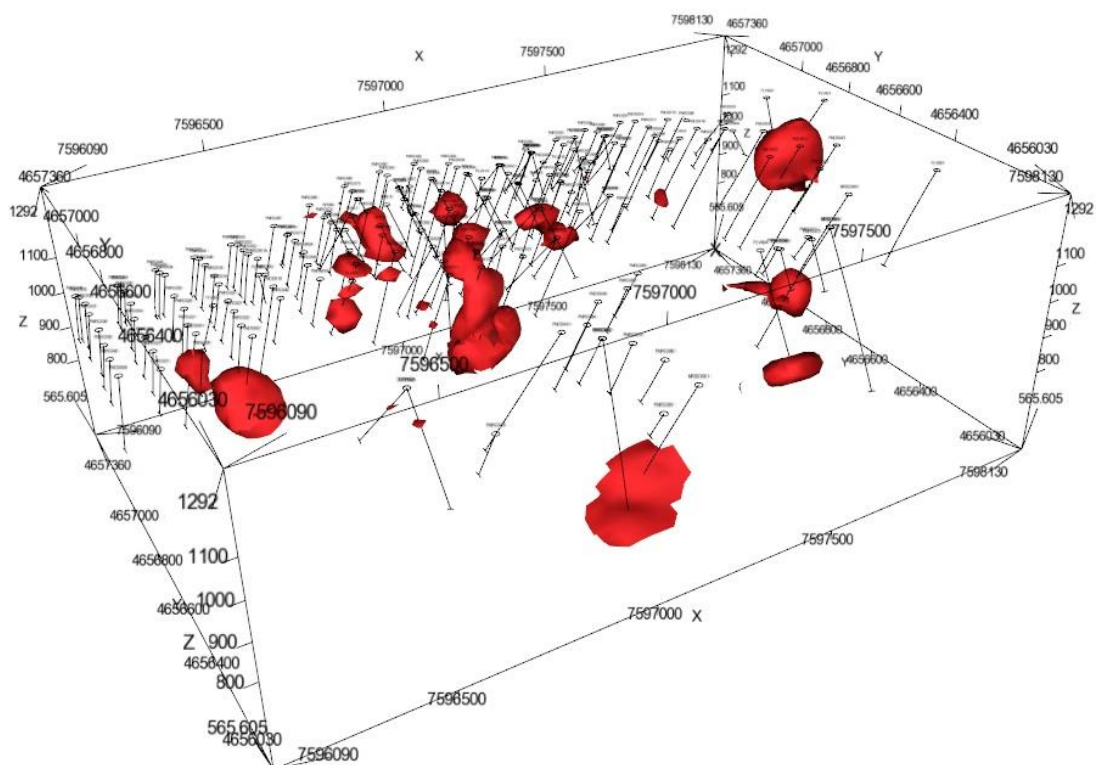
Слика 59. 3Д модел со полно тело на Au

Figure 59. 3D model with solid of Au

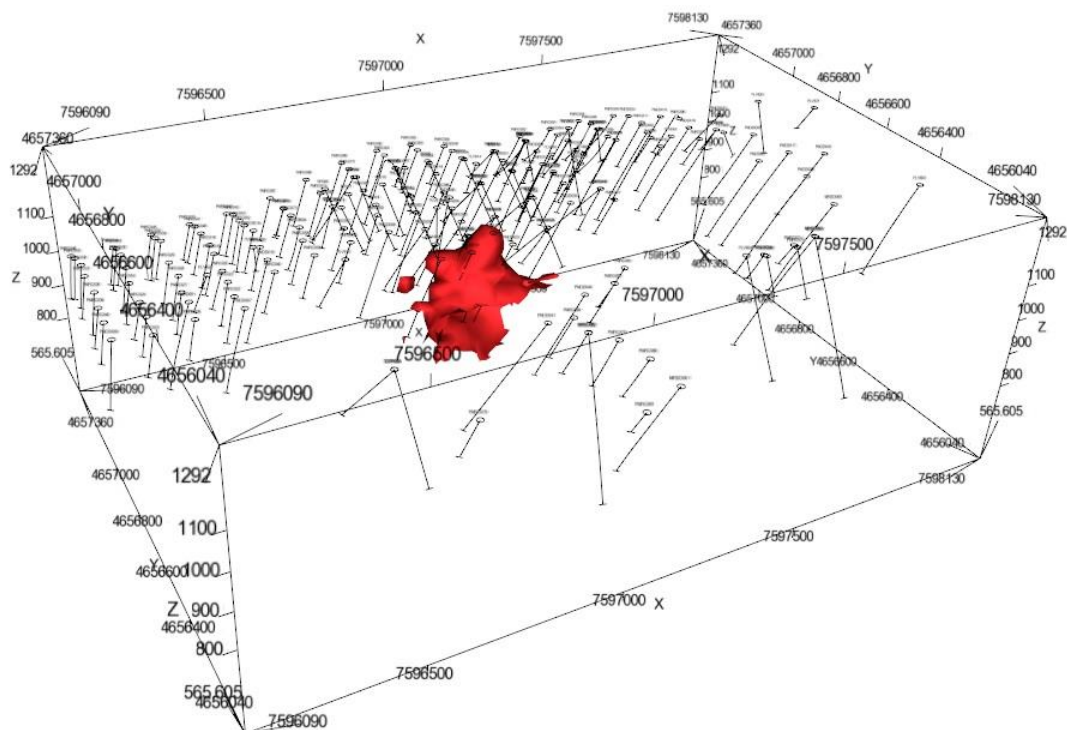
Како што може да се види од прилогот погоре (сл. 59), минерализацијата на злато со гранична содржина на злато од 0,4g/t Au, покажува просторна ориентација, главно североисток-југозапад, со спорадични појави на минерализација и по правец југоисток-северозапад. Овде можат да се забележат и вертикалните структури кои биле и доводи на златоносната минерализација. Појавата на компактна минерализација на Маричански Рид укажува на посебно рудно со независно протегање ИСИ-3Ј3.

На прилогот за полно тело за бакар, (сл. 60) може да се види дека со покачување на граничната содржина на бакар на 0,2 % рудните тела се со релативно помал волумен, распространети на различни делови на наоѓалиштето и на различни длабочини.

На прилогот за молибден (сл. 61), генерално се запазува трендот присутен и кај моделот со блокови, како со формата на телото, така и со неговата просторна положба.



Слика 60. 3Д модел со полно тело на
Figure 60. 3D model with solid of Cu



Слика 61. 3Д модел со полно тело на Мо
Figure 61. 3D model with solid of Mo

VIII ЗАКЛУЧОК

- Наоѓалиштето Платица содржи многу од карактеристиките својствени за епитермално наоѓалиште на висока сулфидизација и претставува систем поврзан со порфирска минерализација.
- Доминанти се четири вида на алтерации: Серицитска алтерација, напредна аргилитска алтерација, силификација, пропилитизација.
- На ова наоѓалиште се извршени обемни геофизички и геохемиски истражувања при што се изработени карти на ТМИ и на калијската компонента, карти на примарни и секундарни ореоли на расејување.
- минерализацијата е контролирана од три главни фактори: Силикатните капи, раседните структури и поволната геолошка средина.
- минерализација се јавува во вид на рудни тела со различен структурно-морфолошки облик: импрегнациони, штокверкно-импрегнациони, жични, масивно-импрегнациони и др.
- Работењето со податоците од неколкугодишна интензивна дупчачка програма овозможи да се дојде до визуелизација на една хемиска архитектура која поинаку е тешко препознатлива низ класичното картирање на јадрото од дупнатините. Со оглед на тоа дека минерализацијата во овој систем е тесно поврзана со регионалните и локалните структури, раседи и пукнатини, овој тип на моделирање може да даде и други показатели како што се архитектурата на доводните канали на минерализацијата, и пермеабилните средини поврзани со депонирање на полиметаличната минерализација.
- Овој програм дава можности геохемиските интерпретации да се поврзат и со геолошки и алтерациски модели и со тоа да се добие уште појасна слика за наоѓалиштето. Тука е и можноста за директно очитување на вредностите на геолошките резерви.
- Со изработката на 3Д моделите на злато, бакар и молибден, ние сме на уште многу мал чекор од креирање на соодветни 2Д и 3Д модели за кој било од 49-те испитани елементи на ова наоѓалиште.

- Овој труд преку 3Д моделот покажа интересни концентрации на злато и бакар во одредени минерализирани зони. Освен веќе утврдените минерализации, ја охрабрува и перспективноста за формирање на рудно тело и на недоволно истражениот простор од истата концесија, а тоа е Маричански Рид.
- Овој 3Д модел може да одговори на предизвиците поставени при конструирање модел на епитермално наоѓалиште на висока сулфидизација т.е. да даде сосема солиден преглед на концентрациите на злато и бакар, како и на присуството на молибден во насока на понатамошни геолошки истраги со цел утврдување на евентуално постоење на порфирско наоѓалиште во близина. Овој модел останува како вредна алатка во проектот наречен Пластица, и овозможува со негово надградување и доработување
- Употребата на ГИС програмите во нашата држава не е на високо ниво. Затоа охрабруваме на нивна поголема употреба. Придобивките од користењето на ГИС програмите во геологијата се поголеми од вложувањата. Се намалува потребниот број на работни часови, а се зголемува разновидноста, точноста и прецизноста на добиените резултати.

IX. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

Alderton, D.H.M., Serafimovski, T, (2007). The geology and genesis of the Plavica copper–gold deposit, Macedonia. Applied Earth Science: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy: Section B, Vol. 116 No. 2 p. 94-105

Arribas, A., (1995). Characteristic of high sulfidation epithermal deposits and their relation to magmatic fluid. Mineralogical Association of Canada Short Course, Vol. 23, 419-455

Arvanitidis, N.D., Michael, C., Christidis, C., Weihed, P., Gaal, G., Royer, J.J., Perantonis, G., Bakalis, V., Ballas, D., (2013). Using 3D/4D modelling tools in exploration for epithermal gold potential areas in Eastern Rhodope zone (Western Trace, NE Greece). Mineral deposit research for a high-tech world, Sweden. Vol. 1 p. 58-61

Berger, B. R., (1986), Descriptive model of epithermal quartz-alunite Au. In Mineral Deposits Models, U.S. Geol. Surv. Bull. 1693, p. 158

Berger, B. R., and Henley, R. W., (1989). Advances in the understanding of epithermal gold-silver deposits, with special reference to the western United States. Econ. Geol. Monogr. 6, p. 405-423

Билибајкиќ, Р., и Билибајкиќ, Д., (1978). Извештај о гравиметријско-геомагнетним испитувањима шире зоне и локалитета Златица-Плавица. Стручни фонд РИК “Силекс” и “Гео завод”, Београд.

Богоевски, К., и Ракиќ, С., (1985). Геолошке карактеристике лежишта Златица-Плавица. Стр. Фонд „Силекс“, Скопје.

Burchfiel, B., C., (1980). Eastern European Alpine system and the Carpathian orocline as an example of collision tectonics, Tectonophysics, 63 p.31-61

Burrough, P. A., (1986). Principles of Graphical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University, Press Oxford.

Carter, J. R., (1989). On defining the geographic information system. In W. J. Ripple (ed.) Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium. ASPRS/ACSM, Falls Church Virginia, pp. 3-7.

Chile's, J. P., Delfiner, P. (1999). Geostatistics: Modeling spatial uncertainty. Wiley, New York: p. 695.

Chmielowski, M. R., Jansson, N., Persson, M.F., Fagerström, P. and Weihed, P. (2013). 3D geochemical modelling of hydrothermal alteration related to 1.89 Ga VHMS-type deposits, Kristineberg area, Skellefte District, Sweden. Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting, Uppsala, Sweden, 12th–16th August, p. 66–69.

Chriss, R.E., and Champion, D.E., (1984). Magnetic properties of granitic rocks from the southern half of the Idaho batholith. Influences of hydrothermal alteration and implications for aeromagnetic interpretation, Journal of geophysical research, vol. 89, issue B8, pages 7061-7076.

Christidis, C., Serafimovski, T., Arvanitidis, N., Michael, C., Tasev, G. (2014). 3D modeling tools jointly applied on Gerakario (Greece) and Kadiica (Macedonia) porphyry copper mineralisations. Proceeding Book of the XX International Congress of the Carpathian Balkan Geological Association (CBGA), Tirana (Albania), September 24–26.

Christie, A.B., Carver, R. (2013). 3D modelling of epithermal Au-Ag mineralization at Golden Cross, Hauraki Goldfield, New Zealand. Mineral deposit research for a high-tech world, Sweden.

Cissarz, A. and Rakic, S., (1956). Die Lagerstätten von Zletovo in Macedonien als Beispiel eines komplexen subvulkanisch-hydrothermalen Blei-Zink-Vorkommens. Vesnik Zavoda za geol. i geof. istr. Kn, XII, str. 223-292

Cuthberston, A. S., (1998, September). The Plavica and Borovic Projects, Macedonia. Rio Tinto Exploration Germany Internal Report.

Delaney, J., and Van Niel, K., (1999). Geographical Information Systems, p. 236.

Денковски, Ѓ., и др. (1978-1984). Годишен извештај за резултатите на истражувањето од локалитетот Плавица-Златица.

Денковски, Ѓ., (1979). Конечен извештај за деталните геолошки истражувања со длабински бушења на бакар на објектот Плавица-Златица во 1979 год. стр. 34.

Денковски, Ѓ., (1982). Конечен извештај за деталните геолошки истражувања со длабински бушења на бакар на објектот Плавица-Златица во 1981 год. стр. 37.

Donald, B., Hoover, Douglas, P., Klein, and David, C., Campbell, (1995). Geophysical methods in exploration and mineral environmental investigations. p. 27.

Durrance, E.M., (1986), Radioactivity in geology, principles and applications. p. 441.

Fish, J., (1998, December). Report on exploration activities, Plavica. R. Macedonia. Rio Tinto Mining and Exploration UK. p. 21

Fish, J., Saint, T., Boast, M. (2000). Report on exploration activities, Plavica, R. Macedonia. Rio Tinto Mining and Exploration UK. p.37

Fish, J., Sant, T., Welton, C. (2000). Report on Exploration activities Rik Sileks AD Kratovo Joint Venture Area Republic of Macedonia. p.20

Fisher, A. L., Cleverley, S. J., Pownceby, M. And MacRae, C. (2013, December). 3D representation of geochemical data, the corresponding alteration and associated REE mobility at the Ranger uranium deposit, Northern Territory, Australia. Mineralium Deposita, Vol. 48, Issue 8, pp 947–966.

Gillman, A., (2010, June). Technical Report for the Plavica deposit. Odessa Resources. p. 7

Goovaerts, P., (1997). Geostatistics for natural resources evaluation. Oxford University Press, New York p. 496.

Зариќ, П., (1982). Минералозна испитувања у руднику Злетово: у студији: Регионална и детаљна металогенетска истражувања рудног поља Злетово, Београд.

Иванов, Т., И Денковски, Ѓ., (1978). Геологија на металогенетскиот јазел Плавица-Златица во Кратовско-Злетовската област. IX конгрес геол. СФРЈ, Сарајево. стр. 565-570.

Иванов Т., Денковски Ѓ., (1980). Хидротермални алтерации во порфирското бакарно лежиште Плавица-Златица во Кратовско-Злетовската

вулканска област. Симпозијум алтерација стена и минерала, 100 година Геолошке школе и науке у Србији, РГФ, Универзитет у Београду стр. 139-162.

Ivanovski, I., Serafimovski, D., Tasev, G., Serafimovski, T., 3D Modelling of the Plavica Au-Cu polymetallic Deposit, Republic of Macedonia, *Geologica Macedonica* Vol. 29 p. 63-74.

Јанковић, С., (1967). Металогенетске епохе и рудоносна подручја Југославије. Изд. Рударски Институт Београд с. 215.

Janković, S., Serafimovski, T., (1997). Alpine Metallogeny of SE Europe: regional geotectonic setting and major ore deposits. Annual General Meeting of IGCP 356 Carpatho-Balkan Metallogeny, Glasgow University, January 8–11,

Лиговски, М., (2014) GIS модел на резултатите од истражувањата на бакарната минерализација на Казандол, Магистерски труд с. 88.

Ligovski, M., Serafimovski, T., Tasev, G., Stefanova, V., (2014), Geochemical study and 3D modelling of the Kazan Dol copper deposit, journal *Geologica Macedonica*, Vol.28 p.7-17

Logistic report for a Helicopterborne Magnetic and Gamma-Ray Spectrometer Survey (1998) p.17.

Marchev, P., Kaiser-Rohrmeier, M., Heinrich, C., Ovtcharova, M., Quadtschuh, A., and Raicheva, R., (2005). "Hydrothermal ore deposits related to post orogenic extensional magmatism and core complex formation; The Rhodope Massif of Bulgaria and Greece", *Ore Geol. Rev.* 27, p.53-89.

Matheron, G., (1971). The Theory of Regionalized Variables and Its Applications. Ecole des Mines, Fontainebleau, France. p. 211.

Moritz, R., Kouzmanov, K., and Petrunov, R., (2004). Late Cretaceous Cu-Au epithermal deposits of the Panagyurishte district, Srednogorie zone, Bulgaria. *Mineral. Petrog. Mitteil.* 84, p.79-99.

Mutasim, S., O., (2012), Mineral exploration using GIS, King Fahad University of Petroleum and Minerals p. 29.

Мудриниќ, Ч., (1982). Садржај и дистрибуција ретких племенитих метала у лежишту „Пластица-Златица“.

Мудриниќ, Ч., (1986). Ретки и племенити метали у Си-полиметаличном лежишту Плавица-Златица (Источна Македонија) XI Конгрес геолога Југославије, Тара.

Noel, C., White, and Jeffrey, W., Hedenquist, (1995). Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. In SEG Newsletter No. 23, pp. 1, 9-13

Пантиќ, Р., Симиќ, В., Мијалковиќ, Н., Копривица, Д., Полевиќ, С., Радусиновиќ, Д., (1972). Кратовско-Злетовска истраженост и перпсективност, (Сводни Извештај) ФСД Геоинститута Београд.

Percival, T.J. (1992, March). Preliminary geological report on the Plavica property, Yugoslavia – Nassau Limited, p.13

Petkovic, M., Romic, K., (1997). Izvestaj morfostrukturnih karakteristika, Plavica, p.17.

Poliquin, M., High-sulphidation epithermal quartz-alunite gold silver deposits & the Cabalo Blanco project, Mexico, report p.13

Reynolds, R.L., Rosenbaum, J.G., Hudson, M.R., and Fishman, N.S., (1990). Rock magnetism, the distribution of magnetic minerals in the Earth's crust, and aeromagnetic anomalies. In Hanna, W.F., ed., Geologic Applications of Modern Aeromagnetic Surveys: U.S. Geological Survey Bulletin 1924, p. 24-45.

Ристиќ, М., и Клајн, Г., (1973). Геолошке, геохемијске и металогенетске одлике рудних појава Златица-Плавица у СР Македонији. Трудови Геолошког Завода СРМ, Скопје. св. 16, стр. 213-229.

Ricou, L W, Burg, J P, Gofriaux, I., and Ivanov, Z., (1998). Rhodope and Vardar, the metamorphic and the olistostromic paired belts related to the Cretaceous subduction under Europe, Geodinamics Vol. 11 issue 6, pages 285-309.

Sener, A.K., (2006, December). Report on a field visit to Plavica, Eastern Macedonia, Genesis Resources International, p.19

Серафимовски, Т., (1990). Металогенија на зоната Леце-Халкидик, Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет-Штип, с. 380.

Серафимовски, Т. , (1993). Структурно-металогенетски карактеристики на зоната Леце-Халкидик: Типови на наоѓалишта и реонизација. Посебно издание бр. 2, с. 235.

Serafimovski T. and Rakic, S., (1998). The secondary quartzites hosting gold mineralization in the Crni Vrv-Plavica volcanic area. *Geologica Macedonica*, Vol. 12, Stip. p. 9-21.

Serafimovski, T, Tasev G., (2003). The Plavica epithermal polymetallic system: mineralogical and geochemical data. *Mineral Exploration and Sustainable Development*, Eliopoulos et al. (eds). 1(1):523-526.

Серафимовски, Т., и Тасев, Г., (2013). Студија за рудно-микроскопските испитувања на примероци од наоѓалиштето Плавица. Катедра за наоѓалишта на минерални сировини, Факултет за природни и технички науки, Штип, с. 411.

Серафимовски, Т., и др. (2014). Елаборат од извршените детални геолошки истражувања, со пресметка на геолошките рудни резерви на минералната сировина бакар и злато од локалноста Плавица, Кратово, с. 249.

Серафимовски, Т., И Тасев, Г., (2014). Анекс од рудно-микроскопските испитувања на примероци од наоѓалиштето Плавица. Катедра за наоѓалишта на минерални сировини, Факултет за природни и технички науки, Штип, с. 142.

Серафимовски, Т., и др. (2014). Анекс на елаборатот од извршените детални геолошки истражувања, со пресметка на геолошките рудни резерви на минералната сировина бакар и злато од локалноста Плавица, Кратово, с. 431.

Serafimovski, T., Zlatkov, G., Tasev, G., Ivanovski, I., (2015). Polymetallic ore paragenesis in the Plavica ore deposit, Eastern Macedonia, International multidisciplinary scientific geoconference SGEM, p.369-376.

Stevanovic M., (2014). Internal report on Plavica high sulfidation epithermal system, Genesis Resources International DOOEL Skopje.

Стефанова, В., (2005). Елувијално-делувијални појави на злато поврзани за терциерен магматизам во Р. Македонија. Докторска дисертација, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ Скопје с. 198

Stefanova, V., Volkov, V.A., Serafimovski, T. and Sidorov, A. A., (2013). Native Gold from the Plavica Epithermal Deposit, Republic of Macedonia, *Doklady Earth Sciences*, Vol. 451, Part 2, 99. 818-823.

Стојанов, Р., (1974). Минералошки состав на околурудните измени на Плавица во Злетовско-кратовската област. VIII Југословенски геолошки конгрес, Љубљана, кн. 5 стр. 42-54.

Стојанов Р., (1980). Вулканската купа Плавица, полиметалните минерализации и околните промени во неа. Симпозијум алтерација стена и минерала, 100 година Геолошке школе и науке у Србији, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду стр. 122-138.

Stojanov, R., Serafimovski, T., (1990). Vulkanizam vo Zletovsko-kratovskata oblast. XII Kongres na Geolozi na Jugoslavija, Ohrid, Kn. 2 str. 424-441.

Столиќ Н, (1997). Плутонити во Кратово-Злетовска вулканска област, причини за аномалии.

Schetselaar, E., de Kemp E., Hillier M., Perron G. (2013). 3D modelling for mineral exploration: confronting the challenges of hard rock settings by optimal extraction and use of geological constraints. *Mineral deposit research for a high-tech world*, Sweden.

Terzic, M., Pavlovic, Dj., Kuzmanovic, M., i Obradovic, S., (1986) Obracun rudnih rezervi polimetalicno leziste Plavica-Zlatica. SOUR RTB Bor RO Institut za bakar, Bor, str. 66

Hanna, W.F., (1969). Negative aeromagnetic anomalies over mineralized areas of the Boulder batholith, Montana. *US Professional paper* 650-D p.159-167.

Hedenquist, J. W., Arribas, A. and Reynolds, T. J., (1998). Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: Far Southeast Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines. *Econ. Geol.*, Vol. 93, p. 373-404.

Hedenquist, J. W., Arribas, A., and Eliseo, G., U., (2000). Exploration for epithermal gold deposits. *SEG reviews* Vol. 13, p. 245-277.

Hemley, J.J., Hostetler, P. B., Gude, A. J. and Montjoy, W. T., (1969). Some stability relations of alunite. *Econ. Geol.* 64, p.599-612

Herrington, R. J., First, D. M., and Kozelj, D., (2003). Copper porphyry deposits of Hungary, Serbia, Macedonia, Romania nad Bulgaria. "Europe's major base metal deposits" Irish Association for Economic Geology. p. 303-321.

Hoover D.B., Grauch V.J.S., Pitkin J.A., Krohn D., and Pierce H.A., (1991). Getchell trend airborne geophysics-an integrated airborne geophysical study along the Getchell trend of gold deposits, North-Central Nevada: in *Geology and Ore Deposits of the Great Basin*, G.L. Raines, R.E. Lisk, R.W. Schafer, and W.H. Wilkinson eds., Geological Society of Nevada, v.2, p. 739-758.

Hoover, D. B., Klein, D. P., and Campbell D. C., (1995). Geophysical methods in exploration and mineral environmental investigations. US Geological Survey, Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models. p. 19-28.

White, N. C., and Hedenquist, J. W., (1994). Epithermal enviroments and styles of mineralization, variations and their causes, and guidelines for exploration, In *Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific; geology, geochemistry, origin and exploration*, II. Siddeley-G, *Journal of Geochemical Exploration*, 36, 1-3, Pages 445-474